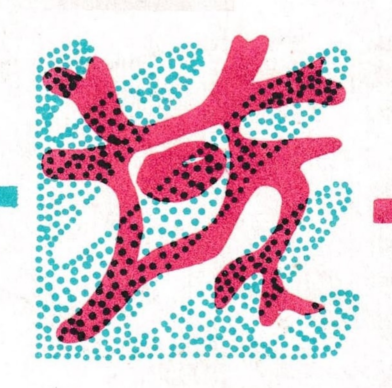
INTERNATIONAL SYMPOSIUM

MILLIMETER WAVES OF NON-THERMAL INTENSITY IN MEDICINE

Oct. 3 – 6 1991, Moscow

Digest of Papers

Part 3



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ

МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В МЕДИЦИНЕ

3–6 октября 1991, Москва

Сборник докладов

Часть 3

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ
"ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА"

ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

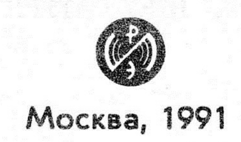
ВРЕМЕННЫЙ НАУЧНЫЙ КОЛЛЕКТИВ "КВЧ"

ВСЕСОЮЗНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ
имени А.С.ПОПОВА

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ

МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В МЕДИЦИНЕ

Сборник докладов



Москва, 1991

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ СИМПОЗИУМА

академик **Н.Д.Девятков** (председатель)
академик **Ю.В.Гуляев** (сопредседатель)
профессор **О.В.Бецкий** (зам. председателя)
профессор **А.Н.Веткин** (зам. председателя)
профессор **В.Е.Любченко** (зам. председателя)
к. б. н. **Н.Н.Лебедева** (ученый секретарь)

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

н.с. **Н.Н.Алыбина,** н.с. **Т.Я.Жванецкая**, н.с. **В.Н.Кислова**
н.с. Т.И.Каменева, **А.В.Козлов,** ст.н.с. **Г.С.Ланцберг,**
В.П.Носов, **В.И.Шершнев,** вед.н.с. **В.В.Файкин,**
ст.н.с. **Ю.Г.Яременко**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ СИМПОЗИУМА

к.м.н. **А.П.Алисов,** профессор **В.Н.Волченко,**
профессор **Л.Г.Гассанов,** профессор **М.Б.Голант,**
к.т.н. **И.В.Зверпхсвский,** профессор **Л.П.Игнашева,**
д.м.н. **Ю.Ф.Каменев,** к.ф.-м.н. **В.В.Кислов,**
к.т.н. **А.Н.Королев,** профессор **А.Н.Кузнецов,**
профессор **С.Д.Плетнев,** к.м.н. **М.В.Пославский,**
д.м.н. **И.В.Родштат,** к.х.н. **Ю.И.Хургин,**
профессор **Д.С.Чернавский,** профессор **З.С.Чернов**

СИМПОЗИУМ ПРОВОДИТСЯ ПРИ СОДЕЙСТВИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ МИНИСТЕРСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
- НПО "ИСТОК", НПО "САТУРН", НИИ "ОРИОН"

ORGANIZING COMMITTEE

Academician	**N.D.Devyatkov** (Chairman)
Academician	**Yu.V.Gulyaev** (Co-Chairman)
Professor	**O.V.Betsky** (Vice-Chairman)
Professor	**A.N.Vetkin** (Vice-Chairman)
Professor	**V.E.Lyubchenko** (Vice-Chairman)
Dr. of biol. sc.	**N.N.Lebedeva** (Scientific Secretary)

MEMBERS

N.N.Alybina, T.Ya.Zhvanetskaya, V.N.Kislova, T.I.Kameneva, A.V.Kozlov, H.S.Lantsberg, V.P.Nosov, V.I.Shershnev, V.V.Faykin, Yu.G.Yaremenko.

PROGRAMME COMMITTEE

Doctor	**A.P.Alisov**,	Professor	**V.N.Volchenko**,
Professor	**L.G.Gassanov**,	Professor	**M.B.Golant**,
Doctor	**I.V.Zvershkhovsky**,	Professor	**L.P.Ignasheva**,
Professor	**Yu.F.Kamenev**,	Doctor	**V.V.Kislov**,
Doctor	**A.N.Korolev**,	Professor	**A.N.Kuznetsov**,
Professor	**S.D.Pletnev**,	Doctor	**M.V.Poslavsky**,
Professor	**I.V.Rodshtat**,	Doctor	**Yu.I.Khurgin**,
Professor	**D.S.Chernavsky**,	Professor	**Z.S.Chernov**.

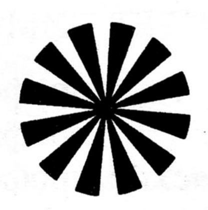
SPONSORED BY:

RESEARCH AND DEVELOPMENT ASSOCIATIOS "ISTOK", "SATURN", RESEARCH INSTITUTE USSR MINISTRY OF ELECTRONIC INDUSTRY "ORION"

Часть 3

МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ.

КВЧ-ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА



Part 3

MECHANISMS OF MILLIMETER WAVES INTERACTION WITH BIOLOGICAL OBJECTS.

EHF THERAPY DEVICES

МЕХАНИЗМЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ММ ВОЛН С ЖИВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ

Бецкий О.В.

СССР, 103907, г.Москва, ГСП-3, проспект Маркса, 18,
ИРЭ АН СССР, ВНК "КВЧ"

Реферат. Отмечаются основные свойства КВЧ-терапии. Анализируются особенности взаимодействия низкоинтенсивных волн с биологическими объектами. Рассмотрены различные физические подходы при объяснении механизмов взаимодействия ММ излучения с живыми объектами.

Уделяется внимание также анализу "истинных" и "геометрических" резонансов при рассмотрении частотнозависимых эффектов действия.

Введение. КВЧ-терапия состоялась. В этом утверждении - главный вывод, который необходимо сделать, анализируя двадцатипятилетний опыт теоретических исследований и практического использования миллиметровых волн низкой интенсивности в экспериментальной и клинической медицине. Наша страна явилась родиной нового научного направления, и сейчас необходимо еще раз отдать должное тем отечественным ученым, которые стояли у ИСТОКА этого направления: Н.Д.Девятков, М.Б.Голант, Э.А.Гельвич, Н.П.Залюбовская, А.З.Смолянская, Л.А.Севастьянова, В.А.Недзвецкий, Т.Б.Реброва и др. Нельзя не отметить также тех зарубежных ученых, которые в числе первых активно откликнулись на первые доступные отечественные публикации (1973 г.): Ф.Кайлманн, В.Грюндлер, А.Берто, Ш.Моцкин и др. Особо здесь необходимо выделить известного английского ученого Г.Фрёлиха, теоретические исследования которого в области когерентного состояния в конденсированных средах (и в биологических объектах особенно), также относящиеся к середине шестидесятых годов, имеют непреходящее значение.

Миллиметровые волны сейчас широко используются для лечения распространенных заболеваний (язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, ишемическая болезнь сердца, после-

операционные состояния, болевые синдромы, некоторые онкологические заболевания, заболевания, связанные с нарушением кровотока в сосудах головного и спинного мозга, а также нижних конечностей и др.).

Подчеркивая эффективность КВЧ-терапии, надо выделить такие следующие ее особенности: она выступает часто как монотерапия, т.е. безлекарственная терапия; это неинвазивная терапия - обладает полилечебным эффектом (при лечении одного заболевания излечиваются и побочные заболевания); отсутствует аллергия к КВЧ-излучению; больные при лечении испытывают положительные эмоции, болевые ощущения могут переходить в приятные ощущения в больном органе, т.е. КВЧ излучение и больные - совместимы (в этом проявляется свойство оленатальности КВЧ-излучения). Многочисленные наблюдения и аналитические обобщения лечебных эффектов дают основание считать, что КВЧ-излучение является фактором, повышающим неспецифическую резистентность организма.

Почему же именно миллиметровые волны обладают такими удивительными свойствами, а не, скажем, волны в сантиметровом, дециметровом, оптическом или других диапазонах? Ответить на эти вопросы можно, сведя воедино те особенности волн, о которых мы уже частично упоминали: I) только волны в КВЧ диапазоне могут, по-видимому, возбуждаться в виде т.н. акустоэлектрических волн в бислойных липидных мембранах клетки, что может привести к их сильному влиянию на все функции клетки; 2) миллиметровые волны существенно сильнее других волн поглощаются в содержащей большое количество воды коже человека, создавая в ней по глубине большие неоднородности в распределении микротепла или температуры, индуцированного транспорта воды и веществ через кожный покров; 3) именно в КВЧ диапазоне в силу особенностей переотражений волн в пространстве "облучающая антенна-кожа" на поверхности кожи возникает сильно неоднородная картина распределения поля с наличием большого количества экстремумов, положение которых на поверхности все время меняется как при изменении (модуляции частоты), так и при естественном характере колебаний или дрожаний поверхности

кожи; 4) характерный масштаб пространственной неоднородности, размеры микроанатомической неоднородности кожи оказываются соизмеримыми с длиной волны КВЧ излучения в коже, что может привести к изменению рассеивающих свойств микронеоднородностей кожи - все это обусловливает сильную частотную зависимость биологического эффекта; 5) нельзя не отметить также факт сильного поглощения именно миллиметрового излучения в атмосфере Земли (парами воды, молекулярным кислородом); это могло способствовать защите живых организмов (в процессе эволюции) от возможных внешних электромагнитных полей.

Тем не менее применению миллиметровых волн в практической медицине в значительной степени способствовали исследования в области изучения биофизических механизмов взаимодействия низкоинтенсивных миллиметровых волн с различными биологическими структурами.

Основные механизмы. Какие структуры в коже могут выступать в качестве первичных мишеней для миллиметровых волн? Таких мишеней несколько, ибо в зоне досягаемости излучения находятся: кожные рецепторы; свободные нервные окончания (разновидность кожных рецепторов); иммунно-компетентные клетки - Т-лимфоциты; микрокапиллярные кровеносные сосуды.

Что дальше? По-видимому, после возбуждения кожных структур информация передается по обычным для организма каналам, связанным с защитной и регуляторной системами организма.

Каков же механизм действия миллиметровых волн на организм человека? Пока однозначного ответа на этот вопрос нет. Однако имеется несколько оригинальных наблюдений, находок и экспериментальных факторов, которые позволили разработать несколько подходов к объяснению механизмов действия, что позволит в ближайшее время сформулировать некоторую обобщенную(ые) гипотезу(ы).

Оригинальный подход к объяснению механизмов воздействия КВЧ-излучения на живые организмы развивается в работах Н.Д.Девяткова, М.Б.Голанта с сотрудниками. Ключевые идеи следующие: живые организмы сами могут излучать волны в КВЧ диапазоне; собственное КВЧ-излучение используется живыми организ-

мами для целей управления; излучение здоровых и больных организмов разное и излучение терапевтического аппарата, имитируя собственное излучение биологического объекта, оказывает синхронизирующее воздействие, в результате которого восстанавливается нормальное по спектру и мощности излучение, свойственное здоровому организму; в тех случаях, когда в клетках интенсифицируется КВЧ-излучение, на мембранах клетки возникают временные структуры, которые играют роль антенных систем; в этом случае информационно-управляющая роль КВЧ-излучения является особенно значимой; основные эффекты, связанные с возрастанием КВЧ-излучения происходят в бислойных липидных мембранах клетки; в мембранах возникают акусто-электрические колебания, которые оказывают решающее влияние на метаболические процессы клетки.

В соответствии с другим подходом, который развивается в работах Ю.И.Хургина и сотрудников ИРЭ АН СССР: первичной молекулярной моделью при воздействии миллиметровых волн являются рецепторные белки на мембранах клетки; воздействие на рецепторные белки осуществляется через молекулы воды, которые, в основном, и поглощают КВЧ-излучение; непосредственными приемниками КВЧ-излучения являются молекулы свободной воды, которые часть своей энергии передают молекулам связанной, гидратной воды; принципиальным для существования биологического эффекта от КВЧ-воздействия является критическая гидратация белков, при которой белки из одного (функционально пассивного состояния) переходят в другое (функционально активное состояние); рецепторные белки, испытавшие фазовый переход, оказывают решающее влияние на все процессы, происходящие в клетках.

В соответствии с подходом, который развивается в работах Д.С.Чернавского, Е.П.Хижняка и др. биологический эффект определяется своеобразным микромассажем микроанатомических структур кожи (например, кожных рецепторов), через которые к реализации лечебного эффекта подсоединяются ЦНС, гуморальная система, системы защиты и регуляции организма. Эти авторы считают также, что до проявления КВЧ-терапии имеет место КВЧ-диагностика, что роль миллиметровых волн сводится к "обнару-

жению" отклонений организма от нормы (вспомним: на внешнее КВЧ-излучение реагируют,в основном, больные организмы). Когда организм фиксирует отклонение от нормы, вступают в работу механизмы аутотерапии.

Оригинальной является физиологическая концепция, развиваемая в работах И.В.Родштата. В нескольких фразах изложить суть этого подхода сложно, но можно выделить начальную и существенную часть цепочки последовательно развиваемых событий. Первичной мишенью также являются молекулы воды, связанные с белковыми структурами кожного коллагена. Электретное состояние коллагена и его пьезоэлектрические свойства обуславливают возбуждение чувствительного нервного волокна в кожных рецепторах - тельцах Руффини. Далее возможно возбуждение преганглионарных синаптических нейронов боковых рогов спинного мозга, возбуждение расположенных в вегетативных ганглиях МИФ-нейронов, которые выделяют в синаптические щели и сосудистое русло адреналин и норадреналин и т.д.

При разработке подходов к выяснению механизмов воздействия КВЧ-излучения на живые организмы большое значение имеет исследование по объективизации эффектов действия и терапевтического эффекта.

В первом случае принципиальное значение имеют работы Н.Н.Лебедевой по выяснению эффектов действия миллиметровых волн на ЦНС человека. В ее работах показано, что примерно 80 % испытуемых воспринимают миллиметровые волны на уровне ощущений (сенсорная индикация). Основная модальность ощущений: давление, покалывание, прикосновение, иногда - жжение, и очень редко тепло-холод. Изучение пространственно-временной организации биопотенциалов коры головного мозга показало, что длительная экспозиция КВЧ-излучения при периодическом воздействии способствует развитию неспецифической реакции активации,то есть повышению тонуса коры неокортекса. Любопытно отметить, что и при изучении КВЧ чувствительности и при ЭЭГ-реакциях наблюдается выраженная сенсорная ассиметрия биологического эффекта, связанная с тем, на какую сторону - правую и левую подается стимул (так, человек лучше распознает КВЧ-излучение не-

ведущей рукой).

Анализ биохимических сдвигов крови больных ИБС (В.И.Рубин, Г.Я.Мельникова и др.) показал, что при КВЧ воздействии меняются физико-химические свойства крови и липидный состав биологических мембран.

Анализ обширного литературного материала по механизмам воздействия низкоинтенсивного КВЧ-излучения на живые организмы позволяет, предположительно, сделать следующие обобщающие заключения:

- проблема воздействия низкоинтенсивных миллиметровых волн на живые организмы является частью общей проблемы воздействия на них слабых внешних факторов разной физической природы;
- при воздействии миллиметровых волн на живые организмы можно выделить неспецифические и специфические эффекты действия;
- миллиметровые волны низкой интенсивности являются физическим внешним стимулом, вызывающим в организме неспецифическую адаптационную резистентность; при этом в организме мобилизуются защитные (иммунный статус) и регуляторные функции (нейрогуморальный фактор);
- специфические эффекты действия миллиметровых волн проявляются на уровне кожного покрова; и собственно специфика волн проявляется в возбуждении различных рецепторных структур кожи с учетом особенностей поглощения и распределения КВЧ поля в верхних слоях кожи.

Одна из интересных особенностей действия слабых миллиметровых волн на живые организмы состоит в возникновении частотнозависимых эффектов (резонансные эффекты). Можно выделить:

- истинные резонансы;
- "геометрические" резонансы.

Истинные резонансы можно объяснить возникновением добротных колебаний в бислойных липидных мембранах клетки; при этом полоса пропускания оказывается сравнимой с экспериментальными данными (~200 МГц).

"Геометрические" резонансы объясняются особенностями перераспределения поля в пространстве "излучающая антенна - облучаемый участок кожи". Основными причинами "геометрических" ре-

зонансов являются:

– эффект квазиоптического резонатора Фабри–Перо (промежуток волноведущей части между генератором КВЧ и эффективной отражающей плоскостью в любой реальной физической или терапевтической установке);

– интерференция на поверхности кожи первичной и вторичных волн (соответствующих разным типам волн в излучающем рупоре), отраженных от поверхности кожи и соответствующего критического сечения рупора;

– резонансное рассеяние проникающей в кожу волны на микронеоднородностях кожи (рецепторные структуры) при сравнимости длины волны в коже с характерными размерами неоднородностей в коже;

– пространственная гетерогенность кожи и связанная с ней картина переотражения, как в случае, например, слоистой среды.

Возвращаясь к специфическим эффектам действия миллиметровых волн, необходимо выделить несколько экспериментальных факторов, когда эта специфичность проявляется очень необычно.

Первая группа экспериментов охватывает опыты, поставленные МГУ и ИРЭ АН по воздействию миллиметровых волн на промышленно-важные синезеленые водоросли (цианобактерии) – спирулину. Вторая группа экспериментов касается опытов, поставленных в ИРЭ АН по воздействию миллиметровых волн на клетки зеленых комнатных растений (бальзамин).

В опытах с водорослями (А.Х.Тамбиев, Н.Н.Кирикова) было показано, что под действием КВЧ-излучения существенно, до 300 %, вырастает биомасса в пределах одного цикла развития растений; после воздействия в культуральную жидкость выделяются биологически-активные вещества (аминокислоты, витамины и др.); эффект действия сохраняется в третьем поколении водорослей (эффект памяти).

В опытах с комнатными растениями (И.Ю.Петров) было показано, что миллиметровые волны могут увеличивать синтез АТФ в клетках, этого универсального источника энергии в клетках.

Вряд ли здесь мы охватили все разнообразные действия низкоинтенсивного КВЧ-излучения на живые организмы. Возможно, роль миллиметровых волн в жизнедеятельности организмов глубже и богаче, чем нам это представляется в 1991 году.

Betsky O. V.

MECHANISMS OF BIOLOGICAL EFFECTS OF MM WAVES INTERACTION WITH LIVING ORGANISMS.

USSR, 103907, Moscow, GSP-3, Marx prosp. 18
IRE Ac. Sci. USSR, TSC "EHF".

Fundamental properties of EHF-therapy were considered. Peculiarities of low-intensity waves interaction with biological objects were analyzed. Various physical approaches for explanation of MM radiation interaction with living organisms were examined.

The attention is also spared to the analysis of "true" and "geometrical" resonances under consideration of frequency-depended effects of EHF-action.

The analysis of extensive material on mechanisms of low intensive EHF-irradiation action on living organisms allows, presumably, to make the following conclusions:

- the problem of low intensive microwave's action on living organisms is the part of general problem of action of weak external factors of different physical nature on living organisms;
- it is possible to divide microwave's action on living organisms into specific and nonspecific effects;
- low intensive microwaves are physical external stimuli, causing nonspecific adaptational resistibility; in this case protective functions (immune status) and regulatory functions (neuro-humoral factor);
- specific effects of microwaves action are realized on the skin level; specific character of waves is shown in stimulation of different receptor skin structures with regard for peculiarities of absorption and distribution of EHF-field in upper skin layers.

ЛЕЧЕНИЕ БЕЗ ЛЕКАРСТВ И ЕГО РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Девятков Н.Д., Голант М.Б.
141120, Московская обл., г. Фрязино, НПО "Исток"

Реферат. Обсуждается характерный для КВЧ-терапии и определяемый ее физической природой метод лечения различных заболеваний без применения лекарств или со значительным уменьшением нормы их приема.

1. Введение.

Создание новых лекарств и исследование их действия на организм и отдаленных последствий этого действия требует большого времени и высокой квалификации ученых. Поскольку спектр биологического действия лекарств обычно достаточно узок, разнообразие требующихся лекарств велико. Непросто решается и проблема производства лекарств, требующего тонкой и стабильной технологии.

Поэтому проблема создания эффективной безлекарственной терапии относится к наиболее актуальным для современной медицины.

Каковы подходы к решению этой проблемы?

Опыт использования терапии, основонной на использовании действия электромагнитных волн крайне высокой частоты (КВЧ) на организм пациента, показал, что метод лечения заболеваний позволяет во многих случаях обойтись без лекарств, причем эффективность лечебного процесса (если он построен правильно) при этом только повышается. Что же подразумевает выражение : "правильное построение процесса безлекарственной терапии?". В чем научная сущность явления? Это далеко не самоочевидные понятия, и настоящая работа посвящена их разностороннему анализу. Впрочем, поскольку авторы по своей специальности являются радиофизиками, основное внимание в работе уделяется радиофизической части проблемы, которая, как это будет видно из дальнейшего, является в данном случае центральной.(*)

2. Принципиальная логическая схема лекарственной терапии. Наиболее фундаментальная трудность традиционной медицины.

Принципиальная логическая схема традиционной лекарственной медицины строится следующим образом. Вначале изучаются характерные особенности нарушений у конкретного пациента. Затем на основе имеющихся справочных данных ставится диагноз

---

* Во избежание недоразумений отметим, что в некоторых из помещенных в настоящем сборнике докладов описаны терапевтические процедуры с использованием лекарств даже в тех случаях, когда по-видимому было бы возможным использование безлекарственной терапии. Вероятно это связано с тем, что соответствующие аппаратура и методики начали внедряться в практику относительно недавно.

заболевания. В соответствии с диагнозом назначается лечение; в случае, если оно окзывается недостаточно эффективным, производят его замену на другое и т.д.

Сразу бросаются в глаза многочисленные недостатки такой схемы [1]:

а) Сложность организма приводит к тому, что одинаковые проявления заболевания могут иметь в своей основе разные нарушения в организме;

б) Однозначная логическая связь между диагнозом и методом лечения отсутствует;

в) Информационные возможности мозга врача слишком малы (приблизительно в 10^6 раз меньше, чем было бы необходимо для создания адекватной модели организма пациента, даже с помощью многочисленных устройств, облегчающих работу мозга) [1]. Поэтому диагноз может быть лишь приблизительгым, а выбор медикаментозных средств даже в лучшем случае обеспечивает лишь частичное излечение пациента. Эта трудность для традиционной медицины, как показано в [1], является наиболее фундаментальной;

г) Невозможность подбора сочетанного действия разных средств, обеспечивающих оптимизацию лечебного процесса для конкретного пациента, учитывая неповторимость сочетаний нарушений в его огганизме.

3. Основная идея безлекарственного лечения

Организм человека в пору своего расцвета самостоятельно справляется с ликвидацией множества возникающих в нем нарушений. Этому содействует наличие в организме в этот период больших энергетических и материальных резервов [2]. Такая универсальность лечебных действий организма в противоположность узконаправленному действию лекарств (см. параграф 2) требует своего объяснения.

В свете сегодняшних воззрений на проблему это объяснение сводиться к тому, что управление процессами восстановления и поддержания гомеостаза в организме человека осуществляется системой взаимосогласованно работающих 10^{15} (миллиона миллиардов) высокоэффективных логических устройств. Каждая клетка обладает своим логическим устройством, причем работа этих устройств и связь между ними осуществляется преимущественно с помощью волн КВЧ диапазона [3]. Возможности комплексной логической системы организма позволяют сформировать образ любых проявившихся в нем нарушений, сколь бы сложными они не были, и мобилизовать организм (каждую из входящих в него систем в требуемой степени) для устранения этих нарушений. При наличии достаточных энергетических и материальных резервов такая мобилизация ведет к реализации необходимых для устранения нарушений внутриорганизменных перестроек.

При в миллион раз меньше (чем у организма в целом) информационных возможностях (см. параграф 2) мозг врача не в состоянии ни составить полной модели нарушений, ни правильно организовать их устранение (разносторонее оздоровление организма)- организуемые им действия всегда узконаправлены.

Говоря иными словами, более простая система не может полноценно смоделировать более сложную. Поэтому ни лекарства, ни другие относительно простые искусственно создаваемые лечебные средства не могут быть использованы для всестороннего оздоровления организма. Отсюда вполне оправданное негативное отношение всех врачей к возможности создания "панацеи"-лекарства, применимого для любых заболеваний. Конечно, можно было бы говорить о безлекарственном характере терапии, осуществляемой с помощью прогрева, массажа, воздействий тонизирующей радиации на те или иные области организма и т.п. Но область их успешного применения много более узка, чем область действий множества существующих и создаваемых лекарств. Конкурировать с возможностями лекарств или подменить их такие действия не могут. Поэтому, говоря о безлекарственном лечении как о подходе, сопоставимом по своим возможностям с лекарственной терапией в целом или даже превосходящем эти возможности, всегда имеют в виду эффективность лечебного действия в какаой-то мере сопоставимую с лечебными действиями самого человеческого организма в период его расцвета. В дальнейшем для краткости будем называть его высокоэффективным безлекарственным лечением.

Из сказанного можно сделать один вывод- в основу высокоэффективного безлекарственного лечения должна быть заложена кибернетическая система, по своим информационным возможностям соответствующая организму человека. И ,вероятно, единственной такой системой является система управления процессами восстановления и поддержания гомеостаза самого пациента. Усилия врача целесообразно направить на восстановление работоспособности этой системы, после чего она сама справится с устранением нарушений в организме.

4. КВЧ-терапевтические установки - средство реализации высокоэффективной безлекарственной терапии

На чем могут базироваться принципы восстановления управляющей системы организма в те периоды жизни, когда возрастные и иные изменения привели уже к существенному снижению ее возможностей?

Как известно [1], основная часть системы, управляющей восстановлением и поддержанием гомеостаза организма человека, сосредоточена в его клетках. Известно также, что основным инструментом поддержания гомеостаза в клетках и организации информационной связи между клетками являются поля волн КВЧ-диапазона.

Соответственно, именно источники волн этого диапазона в сочетании с использованием законов преобразования частот в организме должны были помочь реализации безлекарственной терапии.

И действительно, вскоре после начала широкого использования КВЧ-терапии было установлено, что в одних случаях она дает наилучшие результаты, когда используется как монотерапия (без дополнительного приема лекарств), в других, когда в силу причин, о которых речь пойдет ниже, сразу отказаться от использования лекарств нельзя, применение

КВЧ-терапии позволяет постепенно снизить объем их использования или полностью отказаться от них на определенном этапе лечебного процесса [5].

В [1] показано, что результатом безлекарственного лечения является многогранное оздоровление организма, в то время как лечение методами традиционной терапии приводит обычно к ликвидации только тех нарушений, которые явились прямой причиной терапевтического вмешательства. Одним из характерных проявлений такого однобокого решения является, в частности, появление во многих случаях при лечении методами традиционной терапии грубых рубцов вместо нормальной ткани,что создает, по-видимому, благоприятные условия для рецидивов заболевания. Наоборот, при использовании высокоэффективной терапии так грубые рубцы не появляются.

Конечно, отработка методик безлекарственной монотерапии требует времени и усилий. Эта отработка включает в себя выбор оптимальных частот, режимов и длительности воздействий. Немалую роль здесь должна сыграть КВЧ-диагностика, позволяющая подобрать лечебную процедуру для конкретного пациента.

5. Сочетание лекарственной и безлекарственной терапии

При традиционных методах лечения широко используются сочетания различных лекарств и других методов воздействия на организм. Привычная логика толкает на этот путь и при использовании КВЧ-терапии. Но всегда ли такой путь верен?

Постараемся в порядке дискуссии дать принципиальный ответна этот вопрос с позиций радиофизики, причем сразу подчеркнем, что в зависимости от состояния организма ответ окажется различным.

При достаточных резервных возможностях организма, естественно, гармоничное устранение нарушений, определяющее его разностороннее оздоровление, является оптимальным. В этом случае и КВЧ-монотерапия оптимальна. Добавление любых лекарств или иных воздействий с узкой областью биологического действия не может не отразить вкакой-то степени неудовлетворительных сторон (негармоничности) лекарственного лечения. Впрочем, при различных методиках смешанного лечения (КВЧ-терапия+ лекарственная терапия) выраженность этих неудовлетворительных сторон может быть также различной. Например, она вероятно может быть снижена, если на начальном этапе резервные возможности организма наращиваются с помощью КВЧ-терапии, а к лекарсткенной терапии прибегают лишь на конечном этапе. Чтобы смоделировать этот процесс в эксперименте осуществляли последовательное воздействие на клетки в начале на оптимальной, затем на неоптимальной волне и наблюдали снижение эффекта от воздействия на неоптимальной волне.

Однако применение моно КВЧ-терапии в определенных условиях может быть неоптимальным. Действительно, смысл КВЧ-терапии заключается в мобилизации резервных возможностей организма. Если же эти возможности доведены до минимума или даже снижены ниже того минимума, который необходим для минимально приемлемого существования, обойтись одной КВЧ-терапией уже нельзя (этот вид терапии не несет с собой ни материи, ни

энергии). Оказывается необходимым внести в организм извне материю и энергию в той форме, которая может быть организмом усвоена, и лишь при этом условии КВЧ-воздействие оказывается эффективным.* В [6] приведен достаточно показательный пример такого воздействия. Естественно предположить, что в некоторых случаях источниками энергии и материи могут явиться вещества, рассматриваемые сейчас как лекарства. Лишь в дальнейшем, по мере восстановления нарушений в организме (обычно при использовании КВЧ-воздействий значительно более полного, чем без их использования) от дальнейшего приема лекарств удается полностью или в значительной мере отказаться. Во всяком случае, в настоящее время при лечении инфаркта миокарда и тяжелых форм стенокардии на начальном этапе безлекарственное лечение применить не удавалось [5].

6. Заключение.

Выше с позиций радиофизики были рассмотрены вопросы, связанные с использованием безлекарственной КВЧ-терапии. Было показано, что в тех случаях , когда удается применить безлекарственную КВЧ-терапию, она оказывается наиболее эффективной.

С другой стороны, были проанализированы ситуации, связанные с практическим отсутствием у организма резервных возможностей, когда моно КВЧ-терапию применить невозможно.

Естественно, поднятую в порядке дискуссии проблему нельзя считать окончательно решенной. Она нуждается в дальнейшем изучении и обсуждении.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Golant M. //International scientific meeting "Microwaves in medicine 91", Digest of papers, Belgrade, Yugoslavia, April 8-11 1991, p.206-212.

2. Голант М.Б., Мудрик Д.Г., Реброва Т.Б., Специфические законы медицины, связанные с законами сохранения энергии ее преобразования из неупорядоченных форм в упорядоченные. Роль КВЧ волн в решении проблем, определяемых этими законами.(публикуется в настоящем сборнике).

3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Миллиметровые излучения живых организмов- высокоэффективное средство медицинской диагности // Письма в ЖТФ, 1986, т.12, ВЫП.5, с.288-291.

4. Пославский М.В., Лечение язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки // Вопросы использования излучений малой мощности КВЧ в медицине, под редакцией академика Н.Д.Девяткова, Изд. "Икар" 1991, с.102-132.

---

* Не будет ,однако, излишним напомнить, что ,как показано в [1], внесение в организм извне материи и энергии рационально лишь в том случае, когда глубокому разрушению подверглась лишь одна из его систем (или малое число систем).

5. Гончарова Л.Н., Лукьянов В.Ф., Использование КВЧ-терапии прилечении больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, // Вопросы использования излучений малой мощности КВЧ в медицине, под редакцией академика Девяткова Н.Д., изд. "Икар" 1991, с.143-162.

6. Девятков Н.Д., Савастьянова Л.А., Зубенкова Э.С., Голант М.Б., Влияние излучений миллиметрового диапазона на эффективность трансплантации костного мозга // Радиобиология-1988 - т.28, вып.3 - с.361-363.

Treatment without Drugs and its Radiophysical Aspects.

N.D. Devyatkov, M.B. Golant.
RPA "Istok", 141120, Fryazino,
Moscow Region, USSR.

Summary. The situations in which the EHF monotherapy (without drugs) is optimal and the situations in which the EHF therapy must be supplemented by drugs are analised.

ПРЕИМУЩЕСТВА КВЧ-ТЕРАПИИ И ДИАГНОСТИКИ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ - РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ

М.Б.Голант, Ю.В.Дедик, В.А.Кичаев
НПО "Исток", г. Фрязино, Московской обл.

Реферат. Как было ранее показано [1], наиболее фундаментальные трудности традиционных диагностики и лекарственной терапии определяются невозможностью создания врачом (даже при использовании всевозможных технических средств) достаточно полной модели совокупности нарушений, имеющих место в организме пациента, и связей между ними. Это, в свою очередь, приводит к неизбежному сужению сферы эффективного биологического действия применяемых в традиционной медицине искусственно созданных лекарств и других агентов, используемых для лечебного воздействия на организм [2].

В докладе рассматривается один из вопросов КВЧ диагностики, позволяющей определить оптимальный для конкретного пациента путь устранения нарушений в его организме. Обсуждаются принципиальные пределы возможного расширения диапазона оздоровления организма в зависимости от совокупности и характера имеющихся нарушений.

Введение. В медицине всегда параллельно с разработкой новых методов терапевтического воздействия на организм развивались методы диагностики заболеваний. Длительное время казалось само собой разумеющимся, что определенному заболеванию должен соответствовать некоторый оптимальный метод лечения. А поэтому выбору наиболее адекватного метода лечения конкретого болього должно предшествовать определение болезни (такое определение в традиционной медицине получило название диагноза [3]). Соответственно болезни классифицировались по характерным признакам, составлялись соответствующие справочники.

Однако исключительная сложность организма человека (число клеток приблизительно 10^{15} и каждая клетка выполняет множество функций) и разнообразие сочетаний причин, вызывающих определенное нарушение фукционирования организма у конкретного человека, не позволяют добиться исчерпывающей систматизации этих нарушений. Диагноз, т.е. создание модели произошедших в организме больного нарушений, всегда неполно характеризует состояние больного, а, следовательно, название заболевания не обеспечивает однозначного определения терапии, оптимальной для конкретного больного.

Имеющиеся в распоряжении врача технические и другие средства диагностики, несмотря на их непрерывное усовершенствование и усложнение (и одовременно удорожание), ненамного увеличивают возможности диагостики.

Положение еще более усложняется тем, что внешне одинаковые проявления заболевания (следствия) могут соответствовать разным нарушениям и их сочетаниям, требующим использования разных методов лечения. Например, ни один врач не может сказать, каковы причины возникновения, скажем, язвы желудка или двенадцатиперстной кишки у конкретного больного.

Поскольку диагноз всегда в большей или меньшей мере носит

приблизительный характер, постольку и выбор терапевтических средств не может быть бесспорным и гарантированно безошибочным.

И еще один важный момент.

Бесконечная сложность организма не позволяет досканально изучить результаты воздействия на него лекарственных или других лечебных средств с той полнотой, которая исключала бы возможность проявления со временем нежелательных побочных реакций. Никакие искусственно создаваемые средства и приемы не могут быть продуманы и обследованы с такой полнотой, которая позволила бы обеспечить одновременное приближение к норме не только характеристик, являющихся прямой целью терапевтического вмешательства, но и других отклонений, обычно сопутствующих заболеванию и его лечению.

Результаты и обсуждение.

А как обстоит дело в КВЧ медицине? Дело в том, что при использовании КВЧ излучения на организм целью является не непосредственное воздействие на конкретные проявления заболевания, а восстановление собственной информационно-управляющей системы организма, обеспечивающей его жизнедеятельность. По своей сложности и эффективности эта система управления несопоставима с любыми искусственными средствами воздействия на организм.

Именно этим определяется необычно высокая эффективность [1,4] поддержания жизнедеятельности самим организмом. Следовательно, восстановление информационно-управляющей системы организма при нарушениях ее работы (а именно это и является основной целью КВЧ терапии) может дать больший эффект в медицине, чем какие бы то ни было искусственные средства и методы для диагностики и терапии.

Что касается КВЧ диагностики, то в отличие от традиционной, объектом которой является выявление того, чем (какой болезнью) болен конкретный больной, объектом КВЧ диагностики является непосредственно определение оптимальной для конкретного больного КВЧ терапии в части параметров КВЧ воздействия. При этом положение упрощается тем обстоятельством, что основное средство и диагностики, и терапии одно - облучение энергией электромагнитных колебаний КВЧ диапазона.

КВЧ диагностика и КВЧ терапия являются звеньями одной общей цепи, естественно продолжают дпуг друга и, что очень важно, применимы для лечения многих заболеваний. Соответственно, разнообразие применяемых для лечения средств и методов резко сокращается, и нахождение оптимального решения может быть реализовано с помощью относительно простой и дешевой аппаратуры.

В чем состоит основная идея КВЧ диагностики, каков путь реализации диагностики и последующей КВЧ терапии?

Излучения нормально функционирующих клеток организма практически не отличаются по характеру спектра от теплового (планковского) излучения при температуре тела. Энергия излучения определяется метаболизмом. Но в случае, если нормальное функционирование клеток нарушено, они начинают генерировать акустоэлектрические и электромагнитные колебания,

частоты которых соответствуют характеру произошедших нарушений, причем процессы в клетке, управляемые полем этих колебаний, приводят к восстановлению нормального функционирования.

Таким образом, спектр излучаемых клетками частот позволяет определить характер нарушений и, что еще более важно, определить спектр частот, воздействие которых на организм нормализует функционирование последнего. Если организм в целом здоров, он сам справляется с устранением нарушений. Если организм ослаблен и самостоятельно не справляется с формированием белковых подструктур, необходимых для генерации когерентных колебаний, или если процессы их формирования в организме замедлены, то восполнить этот недостаток можно воздействием на клетки КВЧ полями от внешних источников - терапевтической аппаратуры.

Как это практически реализуется [5] ?

Облучение клеток или многоклеточного организма когерентными монохроматическими колебаниями на частотах, соответствующих характеру произошедших в них нарушений, может содействовать устранению последних, и, зная частоты волн, используемых для облучения, можно определить частоты, характеризующие нарушения, и спектр частот облучения для реализации оптимальной КВЧ терапии. При этом в выборе диагностического метода целесообразно, очевидно, руководствоваться следующим основным принципом; на стадии "диагностики", т.е. в период, когда неизбежно исследование влияния различных частот колебаний, оно должно проводиться таким образом, чтобы избежать каких-либо запоминающихся организмом человека КВЧ воздействий.

Клетки крови, являющейся одной из главных связывающих систем организма, реагируют на любые нарушения в организме. При этом клетки начинают генерировать КВЧ колебания, характеристики которых связаны с произошедшими нарушениями.

Переход к нормальному функционированию клеток [6] сопряжен с действием указанных КВЧ полей. Поэтому, установив в опытах in vitro с помощью внешнего облучения, какие колебания (по частоте) нормализуют клетки, можно определить оптимальные для восстановления гомеостаза действия КВЧ полей на организм в целом. Нежелательных побочных явлений при этом не должно быть.

ЛИТЕРАТУРА

1. Golant M. // International scientific meeting "Microwaves in medicine 91", Belgrade, Yugoslavia, april 8-11, 1991, p. 206-212.

2. Девятков Н.Д., Голант М.Б.
Лечение без лекарств и его радиофизические аспекты.
Настоящий сборник.

3. Тарасов К.Е., Великов В.К., Фролова А.И.
Логика и семиотика диагноза.
М., "Медицина", 1989г.

4. Девятков Н.Д., Голант М.Б.
О перспективах использования электромагнитных излучений мм диапазона в качестве высокоинформативного средства получения данных о специфических процессах в живых организмах
"Письма в ЖТФ", 1985, вып.5, т.12, с.288.

5. Кичаев В.А., Пославский М.В., Зданович О.Ф.
Некоторые диагностические аспекты использования мм волн.
Сб. "Миллиметровые волны в медицине и биологии".
Под ред. акад. Н.Д.Девяткова, М., 1989.

6. Пославский М.В., Зданович О.Ф., Парфенов А.С., Кичаев В.А., Абшилава Д.О.
Особенности влияния электромагнитных излучений мм диапазона на реологию крови и возможность индивидуального подбора параметров лечения.
// Миллиметровые волны в медицине и биологии, М., 1989 г., с. 20-25.

EHF - Therapy and Diagnostics Advantages as Compared to the Traditional Ones - Radiophysical Approach to the Problem.

M.B. Golant, Yu.V. Dedik, V.A. Kichayev.
RPA "Istok", 141120, Fryazino,
Moscow Region, USSR.

Resume: The radiophysical explanation of extremely high EHF therapy and EHF diagnostic effectiveness (based on utilization of the human organisms own control system functioning) is discussed.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ МЕДИЦИНЫ, СВЯЗАННЫЕ С ФИЗИЧЕСКИМИ ЗАКОНАМИ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ЕЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗ НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ ФОРМ В УПОРЯДОЧЕННЫЕ. РОЛЬ КВЧ-ВОЛН В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ЭТИМИ ЗАКОНАМИ

Голант М.Б., Мудрик Д.Г., Реброва Т.Б.
141120, Московская обл., г. Фрязино, НПО "Исток"

Реферат. Обсуждается роль фундаментальных энергетических законов в определении наибольшей допустимой скорости лечебных процессов и предельно реализуемой полноты восстановления организма.

Введение. В наше время огромные усилия вкладываются в создание новых эффективных лекарственных средст и в разработку других (нелекарственных) методов лечебного воздействия на организм. Эта деятельность сопряжена с огромными материальными затратами. И невольно возникают вопросы :

- Почему эффективность этих затрат нередко ограничена и не приводит к качественно новым возможностям устранения нарушений в организме с точки зрения полноты этого устранения и сокращения сроков его реализации?
- Беспредельны ли в принципе возможности повышения эффективности лечебного процесса (в указанном выше смысле) за счет увеличения вводимых в организм энергии и материи или существует предел, к которому медицина приближается асимптотически?

Обоснованный четкий ответ на эти вопросы должен привести к более целенаправленным усилиям ученых в решении основных проблем медицины , к повышению эффективности создаваемой медицинской аппаратуры и других средств , используемых в этой области науки.

Ответ на первый из поставленных вопросов содержится в [1], где анализируется природа наиболее фундаментальной трудности современной традиционной медицины - трудности, которую в принципе невозможно устранить, оставаясь в рамках основных ее положений и методов. Сущность этой трудности связана с крайне ограниченными возможностями формирования модели организма пациента в мозге врача , даже с учетом того , что работа последнего облегчается использованием разного рода приспособлений и устройств. Здесь же в [1] излагается принципиально иной подход к медицине , основанный на востановлении и поддержании собственной системы управления процессами , связанными с поддержанием гомеостаза организмма. Подавляющая часть этой системы управления заложена в клетках и системе связей между ними, реализующихся в основной своей части с помощью волн крайне высокой частоты (КВЧ) - в области частот от 30 ГГц до 300 ГГц.

В настоящей же работе будет сделана попытка проанализировать возможность ответа на второй вопрос - выявить принципиальные ограничения скорости лечебного процесса и полноты излечения, а также обсудить практически важные следствия наличия таких ограничений.

Специфическое отражение в медицине закона сохранения энергии

Законы сохранения энергии и ограниченной возможности ее преобразования из неупорядоченных форм в упорядоченные (в частности , первый и второй законы термодинамики) не являются специфичными для физики или для какой-либо другой области науки: они должны выполняться при любых процессах , связанных с превращением энергии. В некотором смысле они являются "пробным камнем" при оценке реализуемости тех или иных задач, выполнимости тех или иных технических устройств. Поэтому браться за обсуждение этих законов применительно к какой-либо конкретной области имеет смысл лишь в той мере, в которой речь идет о некоторых специфических формах проявления, связь которых с общефизическими законами сохранения и преобразования энергии нетривиальна.

Имеются ли такие нетривиальные (специфические) медицинские аспекты в указанных законах? Почему обсуждение этих аспектов стало актуальным именно применительно к КВЧ-медицине и биологии?

Дело в том , что в ходе развития КВЧ-медицины и КВЧ-биологии удалось построить относительно простую (и в то же время подтверждающуюся практикой) принципиальную схему происходящих в живой природе радиофизических явлений и , опираясь на эту схему, вскрыть сущность процессов управления энергетикой живых организмов, определяющих возможность поддержания и восстановления в них гомеостаза, начиная от клеточного уровня. Ход многих из этих процессов оказывался поддающимся даже количественной теоретической и экспериментальной оценке , что дало толчок количественному изучению ряда закономерностей , относящихся к этим наукам [2].

Прежде всего обратим внимание на то, что жизненные процессы всегда связаны с потреблением энергии и материи, и жизнь возможна лишь до тех пор, пока энергетические и материальные ресурсы превышают тот минимум, который необходим для ее поддержания. Это превышение нередко определяют как резервные возможности организма. Резервные возможности живых организмов (как энергетические, так и материальные) определяют возможность мобилизации сил организма для устранения возникших в нем нарушений или для его (организма) подготовки к ликвидации еще только возникающих нарушений. Эта способность к мобилизации определяет темп устранения нарушений самим организмом. С возрастом или вследствие действия иных факторов, ослабляющих организм и сокращающих его резервные возможности и способность к мобилизации, темп устранения нарушений падает. Например, длительность срастания переломов находится в прямой зависимости от возраста пациента.

Так проявляются законы сохранения энергии и материи в самом организме.

Но на первый взгляд к медицине это имеет лишь косвенное отношение. Казалось бы, ничего не мешает ввести энергию в организм извне и тем самым компенсировать снижение его энергетических резервов?

Однако, обращаясь снова к проведенному в [1] анализу, можно констатировать , что гармоничное восстановление

организма (как и его гармоничное развитие) возможно только на основе восстановления и использования системы управления прорцессами поддержания и восстановления гомеостаза самого организма. Последняя же способна управлять лишь в меру сохраняющихся в нем самом резервных возможностей.* Следует особо обратить внимание на то , что речь идет не о том или ином конкретном методе лечения, а о гармоничном восстановлении организма, т.е. таком восстановлении, при котором единовременно устраняются все (или по крайней мере значительная часть) нарушения, мешающие взаимосогласованному функционированию различных систем организма в сфере его активной деятельности. Правда , в настоящее время известно, по-видимому, лишь ограниченное число методов лечения, удовлетворяющих этому требованию. К ним относятся, в первую очередь, КВЧ-терапия, а также лазерная и УФ-терапия, связанные по-видимому с КВЧ-терапией благодаря единовременному возбуждению в организме соответствующих колебаний [2].

Из этого следует, что для гармоничного восстановления организма средствами медицины справедлив тот же закон сохранения энергии, что и для восстановления организма собственными силами: скорость процесса восстановления должна быть такой (не выше) ,чтобы резервные возможности организма ни в одном звене не снижались ниже минимально необходимых для правильного функционирования организма в целом. Попытки же негармоничного восстановления (выборочного усиления отдельных его функций) всегда чреваты опасностью нежелательных побочных реакций и неоправданным ослаблением каких-то существенных сторон функционирования организма в целом.

Следовательно, одной из важных задач медицины на современном этапе является отработка удобных и простых в осуществлении методов контроля за темпом лечебного процесса, с тем чтобы этот темп соответствовал способности самого организма к восстановлению. Ускоренная мобилизация сил организма, не соответсвующая его резервным возможностям, может принести только вред.

Специфическое отражение в медицине закона ограниченного преобразования энергии из неупорядоченных форм в упорядоченные.

В предыдущем параграфе обсуждалась специфика отражения в медицине закона сохранения энергии и было показано, что этот закон определяет предельно допустимый с точки зрения гармоничного восстановления организма темп лечебного процесса.

В настоящем параграфе мы попытаемся показать, что предельная степень восстановления нормального функционирования организма в ходе лечебного процесса определяется ограниченностью преобразования энергии из неупорядоченных форм

----

* Естественно, никакое утверждение не следует доводить до абсурда. Возможны случаи, когда нарушение очень локально и целесообразно его устранить воздействием внешних факторов, не приводя в действие систему управления организмом. Например, обычно проще выдернуть занозу из пальца, чем ждать пока палец нарвет и заноза выйдет с гноем.

в упорядоченные.

Каждому известно, например, что глубокий старик не может быть восстановлен средствами медицины в такой степени, чтобы он смог соревноваться с юным спортсменом. Более того, каждому известно, что сфера деятельности человека, даже если врач на основе своих исследований может квалифицировать его как вполне здорового, с возрастом все более сокращается. С чем же это связано?

В работе [3] анализируются процессы восстановления нормального функционирования клеток в результате воздействия КВЧ сигналов генерируемых клетками с помощью белковых подструктур, образующихся на их мембранах. Характер этих подструктур соответствует произошедшим в клетках нарушениям. В частности, в ходе процесса восстановления ,мембраны приобретают почти нормальную симметричную форму. Однако только "почти нормальную" - пластические деформации, связанные с нарушением упорядоченности молекулярных структур , полнлстью восстановиться не могут. Остаточные малые нарушения передаются последующим генерациям клеток [2]. Впоследствии возникают новые нарушения. В результате неупорядоченность в процессе существования организма постепенно нарастает. К чему это приводит?

Когерентность генерируемых клетками колебаний в значительной степени зависит от упорядоченности упомянутых структур [4]. Неупорядоченность ведет к расширению спектра генерируемых колебаний, уменьшению их амплитуды. Соответственно при появлении все новых нарушений снижается эффективность управляющего действия возбуждаемых в клетках КВЧ-волн, следствием чего является описанное в предыдущем параграфе ослабление мобилизации организма на устранение нарушений - снижение его резервных возможностей (в принятой в радиофизике и электронике терминологии - понижается эффективность влияния управляющих сигналов на исполнительные системы). Но из сказанного ясно и другое - постепенное сокращение упорядоченности функционирования клеток неизбежно приводит к сокращению эффективности преобразования энергии в ходе метаболизма. Полностью компенсировать этот процесс за счет увеличения интенсивности питания очевидно невозможно, так как организм к этому не приспособлен. Соответственно сокращается общая энергия, которая в ходе процессов управления может быть направлена на устранение нарушений. А следствием этого является снижение числа тех нарушений, которые могут единовременно устраняться организмом. По-видимому единственным для организма способом снижения числа появляющихся в единицу времени нарушений является сокращение сферы активной деятельности, т.к. рационально предположить, что любые нарушения связаны с активным функционированием.

Таким образом, процесс разупорядочивания структур организма, связанный с увеличением доли энергии в неупорядоченных формах (например, в тепловой) , ведет при сохранении приблизительного постоянства поступающей в организм энергии к сокращению доли этой энергии в упорядоченной форме, которая может быть использована в процессе управления процессами поддержания гомеостаза.

Впредыдущем параграфе было показано, что поступление

значительных количеств энергии извне не может существенно ускорить процесс гармоничного устранения нарушений в организме. Следовательно, сокращение количества энергии в упорядоченной форме в организме влечет за собой неизбежное уменьшение сферы оздоровления организма, в которой он в дальнейшем может продолжить активную деятельность.

Этот вывод, сделанный в специфичной для медицины форме, соответсвует второму закону термодинамики или в более общем виде - физическому закону об ограниченной возможности преобразования энергии из неупорядоченных форм в упорядоченный.

С точки зрения медицины этот вывод о том, что лечебный процесс должен сообразовываться с состоянием организма таким образом, чтобы объем восстановления организма и рекомендации по характеру деятельности пациента соответствовали этому состоянию.

Очевидно, что такая постановка вопроса для традиционной медицины звучала бы неконкретно: не были ясны (даже в общем плане) пути, с помощью которых можно было бы определить для конкретного пациента приемлемый для него объем оздоровления организма.

Для КВЧ медицины, основывающейся на строго регламентируемых воздействиях на систему управления прцессами восстановления организма, такие пути,как можно надеяться, окажутся реализуемыми уже в обозримое время.

Таким образом, постановка ,казалось бы, чисто теоретического вопроса о специфических для медицины формах закона о преобразовании неупорядоченных форм энергии в упорядоченные, приводит к формулированию новой задачи для практической медицины.

Заключение.

Заключая, можно констатировать, что проведенный выше качественный анализ вопроса о специфических для медицины формулировках физических законов сохранения энергии и ее преобразования из неупорядоченных форм в упорядоченные, позволяет сформулировать важные для медицины практические задачи:

а) определения и реализации наибольшей допустимой скорости проведения лечебного процесса и
б) определения и реализации предельно допустимого объема оздоровления организма пациента в зависимости от его состояния.

Список литературы.

1. Golant M. // International scientific meeting "Microwavesin medicine 91", Digest of papers, Belgrade, Yugoslavia, 1991, p. 206-212.
2. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности, "Радио и связь" 1991, 168 с.
3. Голант М.Б., Савостьянова Н.А. // Электроника СВЧ, 1989, вып.6, с. 48-53.

4. Голант М.Б. О методах изучения острорезононсного ответа живых организмов на КВЧ-воздействия // Применение мм волн низкой интенсивности в медицине. Издание ИРЭ АН СССР, М. 1991.

Specific Laws of Medicine Connected with Phusisal Laws of Preserving Energy and its Conversion from Disordered Forms into the Ordered Ones. EHF-waves Significance in Solving the Problems, Determined by These Laws.

M.B. Golant, D.G. Mudric, T.B. Rebrova
RPA "Istok", 141120, Fryazino,
Moscow Region, USSR.

Resume. The connections wetween the minimum treating time and the completeness of organisms recoveries with their energetical state are discussed.

РОЛЬ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН В ПРОЦЕССАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.Б.Голант
НПО "Исток", 141120 , г. Фрязино

Реферат. Излагается логическая схема, позволившая понять многогранное влияние внешних электромагнитных излучений крайне высоких частот (миллиметровых волн) на процессы жизнедеятельности, а также роль излучений этого диапазона, генерируемых самими организмами, в поддержании их гомеостаза.

Введение. С каждым годом все полнее выявляется исключительная роль излучений крайне высоких частот (КВЧ) в жизнедеятельности организмов самого разного уровня организации-по-видимому любых живых организмов. Все быстрее расширяется сфера практического применения миллиметровых волн в медицине и биологии, все более глубоким становится понимание того, что без использования КВЧ излучений не теплового уровня не могут быть удовлетворительно решены проблемы экологии.

Соответственно и изучение роли указанных излучений в живой природе, начатое в 60-х годах в нашей стране и проводившееся под общим научным руководством академика Н.Д. Девяткова, принимает на наших глазах все более широкие масштабы. В настоящем кратком докладе сделана попытка изложить принципиальную логику развития этой области науки.

Связь между сложным характером функционирования живых организмов и их клеточной структурой.

Живые организмы функционируют в сложных условиях непрерывных изменений, происходящих как в них самих (в связи со старением, появлением всевозможных нарушений структуры и внутренней среды), так и в окружающей их внешней среде. При этом функционирование связано с выполнением множества самых разнообразных функций. Возможность работы в таких условиях в немалой степени обеспечивается клеточной структурой организмов, позволяющей осуществлять очень тонкое разделение функций не только между немногочисленными органами и системами, но и между бесчисленным множеством (в организме человека~10^{15}) клеток. к. Клетки в организме функционируют в значительной степени автономно (выполняя различные функции и в то же время взаимосвязанно, образуя подсистемы разного ранга со сложной иерархической связью [1]). Соответственно каждая клетка участвует в решении как множества задач автономного функционирования, так и задач решаемых во взаимосвязи с другими членами клеточного ансамбля [2]. При этом клетка является самой элементарной единицей, способной к длительному автономному функционированию. Только при правильном функционировании отдельных клеток и адекватной связи между ними и организмом, жизнедеятельность последнего может протекать нормально. Именно в этом смысле нужно понимать известное положение Р. Вирхова, говорящее о том, что всякая патология - это прежде всего патология клеток [3].

Естественно, нормальная работа описанной сложной системы требует наличия очень комплексной и совершенной системы управления. Как было разобрано в [4] подавляющая часть этой системы управления сосредоточена в клетках.

Волны КВЧ диапазона - основной инструмент управления процессами восстановления и поддержания клеточного гомеостаза.

Формирование систем управления процессами восстановления и поддержания гомеостаза в клетках, а также процессы их функционирования подверглись разностороннему анализу в ходе многолетних исследований [5]. Важнейшим выводом из этих исследований является вывод о том, что главным инструментом управления являются волны диапазона КВЧ. Длина этих волн в организме сокращается по сравнению с открытым пространством приблизительно в миллион раз и составляет в среднем около 10^{-2} мкм. Отношение средней длины волны к среднему размеру клетки ($\sim$5 мкм) достаточно мало, что обеспечивает возможность формирования в клетке полей самой различной конфигурации. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность влияния полей на самые разнообразные процессы управления. Иными словами малая длина волны КВЧ диапазона определяет высокую информативность процессов управления [6]. К тому же как показано в [6], энергетические затраты на обработку информации в КВЧ диапазоне минимальны, что для живых организмов с их очень скромными энергетическими возможностями исключительно важно.

Исследования, изложенные в [5], показали, что высокая эффективность использования волн диапазона КВЧ, генерируемых техническими источниками излучения, для восстановления и поддержания гомеостаза живых организмов связана с тем, что используемые сигналы имитируют сигналы, генерируемые в тех же целях самими организмами.

Сравнение принципиальных возможностей КВЧ-медицины и КВЧ-биологии с возможностями традиционных медицины и биологии.

Сказанное выше позволяет в общих чертах обосновать (качественно) возможность использования волн КВЧ диапазона в медицине и биологии. Но оно не создает никакого представления о природе высокой эффективности такого использования. Природа высокой эффективности КВЧ воздействия на живые организмы и особенно на человека достаточно подробно изложена в [4]. В [4] показано, что информационные возможности человеческого мозга приблизительно в миллион раз меньше, чем это было бы необходимо для формирования образа организма и имеющихся в нем нарушений. Поэтому исключительно высокая эффективность поддержания гомеостаза самим многоклеточным организмом (в пору расцвета его сил и возможностей) определяется не только мозгом (включающего всего 1 млрд клеток), но совокупностью всех согласованно работающих упрравляющих систем 10^{15} клеток и органов. Эта кибернетическая система по своим информационно-управляющим возможностям не имеет себе равных.

Врач же должен познать (составить модель) состояние организма пациента в основном своим мозгом. Технические средства, облегчающие работу мозга врача не могут равноценно подменить не участвующую вэтом процессе часть управляющей системы организма. Именно поэтому лечение методами традиционной медицины всегда узконаправлено и не может

полностью избежать нежелательных побочных явлений. Оно не может привести к гармоничному восстановлению организма.

Что же касается КВЧ-медицины и биологии, то они основаны на восстановлении с помощью излучений диапазона КВЧ собственной информационно-управляющей системы организма (значительной ее части). Последняя же после своего востановления способна оптимальным образом мобилизировать внутренние резервы организма для устранения имеющихся в нем многочисленных нарушений. Большую роль при этом играют процессы преобразования частоты внешних сигналов, поступающих от КВЧ-терапевтических установок, в частности, характеризующие нарушения в клетках [5]. Иными словами, описанная в параграфе 2 система управления сложным организмом, опирается на разделение функций между множеством исполнительных систем (включая сюда исполнительные системы клеток); дополняется благодаря действию описанного выше механизма распределением восстановительных процессов между клетками и клеточными образованиями с нарушенным функционированием.

В результате восстановление организма при КВЧ-терапии в отличие от традиционной медицины может быть гармоничным. С этим связаны и наблюдающиеся при КВЧ-терапии полнота оздоровления организма, и возможность относительно быстрого излечения крайне тяжелых нарушений, и отсутствие нежелательных побочных реакций и другие характерные черты этого метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miller J.G., Miller J.L., Introduction: the nature of living sistems, // Behavioral Sciens, v 35, 1990, p 157-163.
2. Фултон А., Цитоскелет. Архитектура и хореография клетки, Москва, "Мир", 1987, 118 с.
3. Вихров Р., Целлюлярная патология как учение, основанное на физиологической патологической гистологии, Москва, 1865-1866.
4. Вопросы использования э/м излучений малой мощности КВЧ в медицине, под ред. академика Девяткова Н.Д., Изд. "Икар", 1991, 212 с.
5. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности, "Радио и связь", 1991, 168 с.
6. Девятков Н.Д., Голант М.Б. Миллиметровые излучения живых организмов - высокоэффективное средство медицинской диагностики, // Письма в ЖТФ, т. 12, 1986, вып. 5, с. 288-291.

The Millimeter Waves Role in Living Organism Functioning.

M.B. Golant.
RPA "Istok", 141120, Fryazino, Moscow Region, USSR.

Resume: The logical scheme permiting the investigation of EHF radiation role in living organisms functioning is described. The possibilities and perspective of those investigation results utilisation in practical medicine and biology are discussed.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН С ОРГАНИЗМОМ ЧЕЛОВЕКА

И.В.Родштат
Институт радиотехники и электроники АН СССР,
Москва ГСП-3, 103907, проспект Маркса, 18

Реферат. Начальные этапы взаимодействия миллиметрового излучения с организмом человека реализуются в процессах сенсорной рецепции посредством активации телец Руффини. Параллельно вступают в действие процессы биохимической рецепции, т.е. рецепции на уровне отдельных клеток, снабженных биохимическими блоками пентозофосфатного цикла и окислительного фосфорилирования. Промежуточные этапы взаимодействия состоят в выбросе в кровь и тканевую жидкость биологически активных веществ (биогенных аминов, нейропептидов, простагландинов, альфа$_2$-макроглобулина). Последние инициируют цепную реакцию дальнейших изменений, формируя лечебный эффект миллиметровых радиоволн низкой интенсивности, в частности, при синдроме диссеминированного внутрисосудистого свертывания, язвенной болезни, радиационном воздействии. Приведенные данные легли в основу физиологической концепции взаимодействия миллиметрового излучения с организмом человека.

В рамках предлагаемой концепции обсуждаются три фактора, предположительно определяющих это взаимодействие:

1) внеклеточная вода и коллаген;
2) внутриклеточный метаболизм;
3) биологически активные вещества.

Значение первого фактора связано с особенностями строения кожи и характером поглощения миллиметровых радиоволн в биологических средах с высоким содержанием воды. Известно, что кожа примерно на 63 % состоит из воды и на 30 % из внеклеточного белка коллагена [1]. Вода и коллаген в коже сосуществуют не автономно, а в непосредственной взаимосвязи. Так, около 64 % от всей воды в коже входит в состав тканевой жидкости коллагена, а еще 23 % связано с протеогликанами. Последние располагаются на поверхности коллагеновых волокон, защищая их от разрушения коллагеназ. Конкретная разработка этого фактора позволяет понять феномен сенсорной ре-

цепции, т.е. рецепции на уровне организма, предположительно осуществляемой тельцами Руффини. Во-первых, тельца Руффини группируются в области крупных суставов, богатых сильно гидратированными тканями, которые интенсивно поглощают миллиметровые радиоволны. Во-вторых, тельца Руффини расположены на глубине примерно 300 мкм от поверхности кожи, т.е. там, где существует большой перепад в процентном содержании тканевой жидкости, а, следовательно, возможны стоячие волны и связанные с ними максимумы поглощения. В третьих, тельца Руффини функционируют как своеобразные пьезоэлектрические устройства, в которых возбуждение нервной терминали обусловлено сокращением коллагенового волокна, обладающего пьезоэлектрическими и электретными свойствами, в свою очередь, изменяющимися под влиянием миллиметровых радиоволн из-за их поглощения связанной водой коллагена. Наконец, тельца Руффини обладают спонтанной активностью, которая изменяется путем усиления или ослабления деполяризационных влияний на дендриты нейрона, т.е. снимается вопрос о пороге аксона, актуальный из-за небольшой величины кванта миллиметрового излучения.

Исходя из этих представлений, рассчитана рефлекторная дуга лечебного воздействия миллиметровых радиоволн по латенции ее последовательных отрезков. Так, важным пунктом переключения для афферентной импульсации от телец Руффини являются нейроны У и УI пластин по Рекседу. С первичными афферентами они связаны полисинаптически, интегрируя кожные, висцеральные и мышечные сигналы. От нейронов У и УI пластин формируются спиноцервикальный и спиноталамический тракты, однако указанные пути проводят в основном высокопороговую импульсацию. Кроме того, время индикации тактильного, болевого и температурного ощущений, имеющих прямое отношение к спиноцервикальному и спиноталамическому трактам, на один-два порядка меньше времени сенсорной индикации для миллиметровых радиоволн [2,3]. Поэтому поступившая в нейроны У и УI пластин информация от телец Руффини по всем физиологическим канонам должна следовать в преганглионарные симпатические нейроны из УП пластины по Рекседу. Хотя преганглионарные симпатические нейроны связаны моносинаптически со стволовыми структурами мозга и полисинаптически с гипоталамусом, направление импульсации по этим путям не центростремительное, а центробежное, т.е. от центра к периферии.

Кроме того, латентное время истинных ответов симпатических преганглионарных нейронов невелико и составляет всего 20-30 мсек [4]. Так, что следующим пунктом переключения информации от телец Руффини о миллиметровых радиоволнах являются т.н. МИФ-нейроны (малые интенсивно флюоресцирующие). Они входят в состав вегетативных ганглиев, выделяя в их сосудистое русло и синаптические щели при ритмической активности адреналин и норадреналин. Эта ритмическая активность осуществляется с латентным периодом в 30 секунд и проявляется в модулирующем эффекте флюорофора (дофамина) на медленный возбуждающий постсинаптический потенциал, обусловленный ацетилхолином из преганглионарных симпатических волокон. Дальнейшим ориентиром при расчете рефлекторной дуги являются данные о повышении у экспериментальных животных под влиянием миллиметровых радиоволн уровней активности адреналина и норадреналина в крови, а также адреналина в гипоталамусе [5] . По данным разных авторов [6,7] , время от момента появления в крови адреналина и норадреналина до появления в крови же адренокортикотропного гормона, продуцируемого передней долей гипофиза, равняется 10-30 секундам. Упомянутые выше полисинаптические связи гипоталамуса с преганглионарными симпатическими нейронами, замыкающие рефлекторную дугу, имеют латенцию в несколько десятков миллисекунд [8] , т.е. этим временем можно пренебречь. Таким образом, рассчитав рефлекторную дугу, мы получили неплохое соответствие между суммой латентных периодов ее нервной и гуморальной части (40-60 секунд) и временем индикации сенсорного ощущения при воздействии на кожу миллиметровых радиоволн низкой интенсивности (40-50 секунд).

Второй фактор в рамках предлагаемой концепции важен для понимания феномена биохимической рецепции, т.е. рецепции на уровне клетки. С учетом экспериментальных данных [5] ключевыми для обсуждения воздействия являются метаболические процессы В типа по Лабори (пентозофосфатный цикл и окислительное фосфорилирование). Клетки с такого рода метаболизмом имеются в венозной стенке, легочных артериях, печени, хрусталике, заднем гипоталамусе. К ним относятся также лейкоциты и фибробласты, т.е. клетки продуцирующие коллаген и протеогликаны. Из всего перечня тканей и органов метаболического типа В доступны при облучении кожи для непосредственного воздействия миллиметровых радиоволн только некото-

рые элементы венозной стенки (микроциркуляция с уровня в 150 мкм от поверхности кожи), фибробласты и лейкоциты. Взаимодействие радиоволн с биохимическими рецепторами клетки, по-видимому, осуществляется на стадии трансдукции, т.е. в период возникновения в клеточной мембране гуморального сигнала к активации циклического аденозинмонофосфата. Механизм такого взаимодействия сводится к модуляции гуморального сигнала липидами рецептивной мембраны, перекисное окисление которых ускоряется миллиметровыми радиоволнами. Другой возможный механизм взаимодействия предположительно обусловлен влиянием миллиметровых радиоволн на околорецептивные участки клеточной мембраны с актиновымимономерами микрофиламентов, вдоль которых самоассоциируются ферменты гликолиза. Метаболические сдвиги со стороны пентозофосфатного цикла и процессов окислительного фосфорилирования сопровождаются изменением активности калиевого насоса и выбросом ряда нейропептидов, а затем значительным увеличением уровней гистамина, альфа$_2$-макроглобулина и соматостатина.

Значение третьего фактора определяется тем, что биологически активные вещества, отражая промежуточный этап взаимодействия миллиметрового излучения с организмом, начинают, в свою очередь, цепную реакцию последующих изменений. Здесь ключевую роль играют биогенные амины (адреналин, норадреналин, гистамин), нейропептиды (помимо соматостатина еще нейротензин, субстанция Р и вазоинтестинальный пептид), простагландины и альфа$_2$-макроглобулин, ингибирующий коллагеназы. Альфа$_2$-макроглобулин, являясь наряду с антитромбином Ш, решающим антитромбиновым фактором плазмы крови, помогает понять лечебный эффект миллиметровых радиоволн при синдроме диссеминированного внутрисосудистого свертывания. Очевидно противоязвенное действие соматостатина (препарат выбора для лечения ульцерозных кровотечений) и, соответственно, миллиметровых радиоволн. Теоретически нами показана, исходя из фармакофизиологии гистамина, возможность радиопротективного действия миллиметровых радиоволн, поскольку его активирующее влияние на ц АМФ - зависимые процессы у эукариотов имеет свой функциональный аналог в виде повышения устойчивости клетки к ионизирующему излучению [9]. Таким образом, становится очевидным, что биологически активные вещества, выделяющиеся при взаимодействии миллиметровых радиоволн низкой ин-

тенсивности с организмом больного человека, могут явиться непосредственным лечебным фактором. По-видимому, терапевтические корреляты процессов сенсорной и биохимической рецепции существенно разнятся. Если в первом случае мы вправе ожидать нормализацию регуляторных систем организма, в частности, оптимальное соответствие метаболизма головного мозга с его микроциркуляцией (эффект влияния норадреналина на интрааксиальную катехоламинергическую систему мозгового ствола), то в случае биохимической рецепции - непосредственный лечебный эффект биологически активных веществ.

Концепция позволяет приблизиться к пониманию универсального эффекта КВЧ терапии через сравнительный анализ гуморальных сдвигов в лимбической системе мозга при миллиметровом радиоволновом воздействии и плацебо. Имеются в виду сдвиги в уровне активности адренокортикотропного гормона, альфа-меланоцитстимулирующего гормона, бета-эндорфина, норадреналина, ацетилхолина.

Литература

I. Человек: Медико-биологические данные. М.: "Медицина", 1977, 496 с.
2. Шошолль Р. - В кн.: Экспериментальная психология. М.: "Прогресс", 1966, в.I-П, 429 с.
3. Холодов Ю.А., Темнов А.А. - В кн.: Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучений на биологические объекты. М.: ИРЭ АН СССР, 1983, 36 с.
4. Хаютин В.М., Сонина Р.С., Лукошкова Е.В. - Центральная организация вазомоторного контроля. М.: "Медицина", 1977, 352 с.
5. Залюбовская Н.П., Киселев Р.И. - Гигиена и санитария, 1978, № 8, с.35-39.
6. Губачев Ю.М., Иовлев Б.В., Карвасарский Б.Д., Разумов С.А., Стабровский Е.М. - Эмоциональный стресс в условиях нормы и патологии человека. М.: "Медицина", 1976, 223 с.
7. Jones M.T.,Gillham B., Di Renzo G.,Beckford U.,Holmes M.C. - Frontiers of hormone research, 1981, v. 8, p. 12-43.
8. БаклаваджянО.Г. - В кн.: Частная физиология нервной системы. Л.: "Наука", 1983, 733 с.
9. Родштат И.В. - Физиологическая активность как критерий выбора модели эксперимента при изучении взаимодействия миллиметровых радиоволн с биологическими объектами. М.: ИРЭ АН СССР, 1986, № 3 (препринт), 22 с.

I.V. Rodstat

Physiological conception of interaction between millimeter radio waves and human body. Institute of Radiotechnique and Electronics USSR Acad. of Sc., Moscow GSP-3 103907 Marx av., 18

The initial stages of interaction between millimeter radiation and the human body are realized in the processes of sensory reception by Ruffiny bodies activation. Simultaneously, the processes of biochemical reception come into action, i.e. reception on the level of separate cells, provided with biochemical blocks of pentophosphate cycle and oxidized phosphorylation. Intermediate stages of interaction consist in expulsion of biologically active substances (biogenic amines, neuropeptides, prostaglandines, $alpha_2$-macroglobulin) into blood and tissue fluid. The latter initiate the chain reaction of further changes, producing the therapeutic effect of low-intensity millimeter radio waves, specifically in disseminated intravascular coagulation syndrome, ulcer disease, radiation injury. The above data eaid the basis of physiological conception of interaction between millimeter radiation and human body.

Возможный механизм пунктурного КВЧ воздействия, основанный на нейрофизиологических процессах

Д.С.Чернавский, В.П.Карп, И.В.Родштат

§ 1. Введение.

Процесс КВЧ-воздействия содержит три этапа:

1. Первичная рецепция. 2. Формирование афферентного сигнала. 3. Обработка сигнала и формирование терапевтического отклика.

Мы сконцентрируем внимание на последнем этапе. Относительно первых двух будем исходить из следующего:

1. Первичные процессы вызывают "тепловой массаж" (и/или возбуждение активных клеток); при этом эффект сильно зависит от частоты КВЧ-излучения и расположения излучателя.

2. Образующийся сигнал не сводится к "заученным" сигналам типа "тепло", "холод", и т.п; оно имеет другой смысл.

§ 2. Исходные положения.

1. В организме существует аутотерапевтическая система, включающая: иммунную систему, гормональную систему, синтез протеаз и другие защитные силы. Это положение можно считать общепринятым.

П. В организме существует аутодиагностическая система. В логическом плане это положение естественно, поскольку терапия без диагностики невозможна, однако общепринятым оно сейчас не является. Более популярно положение о гомеостазе в котором аутадиагностика и аутатерапия не разделены. В простейших авторегулируемых процессах объединение двух функций: диагностической (сбор информации, ее обработка и принятие решений) и эффекторный (реализация решения) оправдана. В более сложных системах эти функции разделены и выполняются различными органами (подсистемами). Информационная (диагностическая) и эффекторная функции существенно отличаются по свойствам:

В первой протекают сравнительно слабые (в энергетическом смысле) процессы, чувствительные к слабым воздействиям.

Вторая (эффекторная) требует существенно больших усилий и к слабым воздействиям не чувствительна.

Терапевтичсеское вмешательство извне необходимо в случае когда либо аутотерапевтическая либо аутодиагностическая система дефектна. Для компенсации дефектов аутотерапевтической системы необходимы сильные воздействия. Дефекты аутодиагностической

системы могут быть компенсированы слабыми воздействиями.

Пунктурное КВЧ-облучение относится к слабым воздействиям; поэтому третье положение можно сформулировать в виде:

Ш. Пунктурное КВЧ-воздействие компенсирует дефекты аутодиагностической системы и тем способствует возникновению адэкватного аутотерапевтического отклика.

В свете изложенного становятся актуальными следующие вопросы:

i) Каковы принципы работы аутодиагностического органа.

ii) Каков характер дефектов работы этого органа.

iii) Какова его структура и где он расположен.

Для ответа на эти вопросы необходимо использовать теорию распознавания образа и нейтрокомпьютинга.

§ 3. Распознавание образа и нейрокомпьютинг.

Теория распознавания возникла тридцать лет тому назад и первоначально ставила цель описания поведения животных (включая человека). Затем она нашла применение в военном деле и в медицинской диагностике. Задача распознавания - указать к какому из известных классов относится данный объект, обладающий данным набором признаков.

Процедура распознавания содержит следующие процессы.

1. Сбор информации об объекте, то есть перечень всех его признаков.

П. Формирование пространства диагностически (информационно) значимых признаков. При этом часть признаков отсеивается. Результат зависит от набора классов, при изменении его "значимость" признака может измениться.

Ш. Формирование комбинаций признаков (коньюнкций) которые позволяют отнести объект к определенному классу (распознать объект); или иными словами, выработка решающего правила. Подчеркнем, подбор коньюнкции происходит чаще не логическим путем, но случайно или интуитивно.

1У. Обучение. После того как информативные коньюнкции для данного множества классов подобраны (решающее правило найдено) распознавание очередного объекта проводится сразу после п. П (минуя п. Ш). Поэтому само решающее правило вырабатывается на множестве "стандартных" или "типичных" объектов, о которых уже известно, к какому классу принадлежит каждый из них. Такая процедура называется обучением.

У. Внимание. Если имеется независимая информация о том что такие-то признаки являются важными, то они обязательно включаются

в пространство значимых признаков. (В противном случае, без предварительной информации, эти признаки могли-бы вообще выпасть из "внимания").Этот фактор, важный при реализации п. П называется "внимание". Оно существенно ускоряет и облегчает распознавание. Однако, если предшествующая информация оказывается неверной (дезинформация), то это может привести к ошибочному распознаванию.

У1. Подтверждение. Вся процедура распознавания проводится несколько раз. Результат каждый раз запоминается и сопоставляется с последующим. Процесс заканчивается если результаты попыток совпадают. Это важно, если результат распознавания ответственен.

Специализированные процессоры, способные быстро распознавать образ называются нейропроцессорами. Простейший нейропроцессор представляет собою пластину, на которой расположены двухпозиционные автоматы (например неоновые лампы). Они соеденены друг с другом связями, которые обладают следующим свойством: сила связи необратимо меняется (уменьшается) если по ней течет ток, (что достигается за счет специальных устройств; которые на рис. 1 изображены прямоугольниками).

Процессор способен к обучению. Для этого достаточно предъявить стандартный объект (например, букву "Б" на рис. 1) и поддерживать эту картину достаточно долго, силы связей при этом меняются и остаются измененной после выключения образа. Процедуру нужно повторить используя другие стандартные образы (например буквы).

После обучения процессор способен распознавать предъявляемые образы, из тех которыми был обучен

Предъявление образа осуществляется по проводам, подведенным извне к каждому элементу (сплошные линии на рис.1).

Как обучение так и распознавание в нейропроцессоре происходит очень быстро и без участия человека благодаря тому, что операции (1-1V) производятся параллельно.

Перераспределение внимания в нейропроцессоре осуществляется за счет внешних проводников, поступающих не на вход элемента, а на контакт, регулирующий его порог возбуждения (пунктирные стрелки на рис. 1).

В нейрокомпьютерах как правило используются несколько пластин, каждая из которых несет свою функцию. Так для "подтверждения" необходима специальная пластина.

Можно выделить два основных типа дефектов распознающего нейрокомпьютера:

а) Слабость входных сигналов (и/или высокий порог входной пластины). б) Неправильное распределение внимания.

§ 4. Аутодиагностическая система человека.

Из изложенного вытекают общие принципы строения аутодиагностической системы:

1. На ее вход должны подаваться сигналы от органов внутренних органов.

2. На вход должны подаваться сигналы от биологически активных точек расположенных на коже.

3. Распознавающий орган должен иметь пластинчатую структуру и содержать пластины:

а) входную; б) распознавание образа; в) концетрации образа (в парадигме Граберга); г) хранение образов для подтверждения; д) пластины коррекции образа.

4. Распознающий орган должен принадлежать центральной нервной системе, но не обязательно входить в головной, поскольку все упомянутые операции не требуют участия логики.

Этим условиям удовлетворяет участок спинного мозга, включающий пластины Рекседа. (рис. 2) Первая пластина играет роль входной. Четвертая, "воротная", пластина, повидимому обеспечивает "подтверждение".

В v-ой v1 происходит "интеграция" потоков информации от БАТ и органов. Цель интеграции - коррекция распознавания и/или компенсация дефектов аутодиагностичской системы.

Возможны два варианта "интеграции".

1. Компенсация дефекта первого типа . Для этого сигналы от БАТ должны иметь характер имитации обострения заболевания. Сложение двух идентичных сигналов компенсирует слабость первого. (Интегрция типа сложения).

П. Компенсация дефектов второго типа.

Для управления "вниманием" сигналы от органов должны поступать на один и тот же процессор (пластину) по разным каналам.

Различить варианты 1 и П можно при пунктурном воздействии на здорового человека. В первом случае должна наблюдаться имитация обострения несуществующего заболевания. Во втором ничего не должно наблюдаться.

Возможно при пунктурном воздействии реализуются в разных случаях и тот и другой вариант.

Таким образом воздействие КВЧ-излучения на БАТ компенсирует дефекты аутодиагностической системы и тем самым способствует возникновению адэкватной аутотерапевтической реакции.

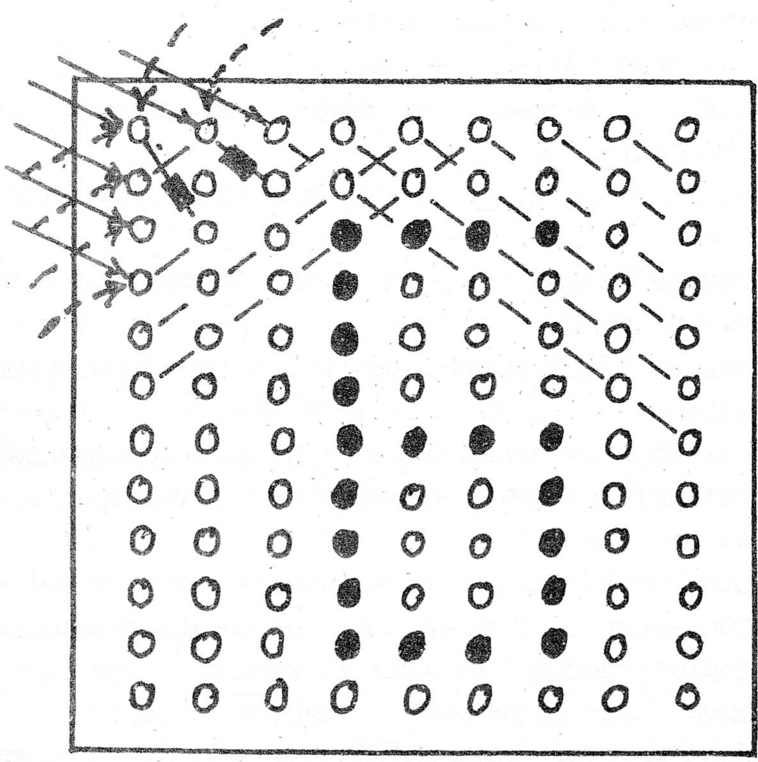


Рис.I. Схема нейропроцессора: ○ – активные элементы; —►– каналы ввода информации; --►– каналы регуляции "вниманием"; —– обучаемые связи; –▬– – элементы обучения связей.
Все элементы имеют каналы ввода, канал регуляции вниманием и связи. Все связи имеют элементы обучения. На рисунке они приведены не все, во избежание загромождения

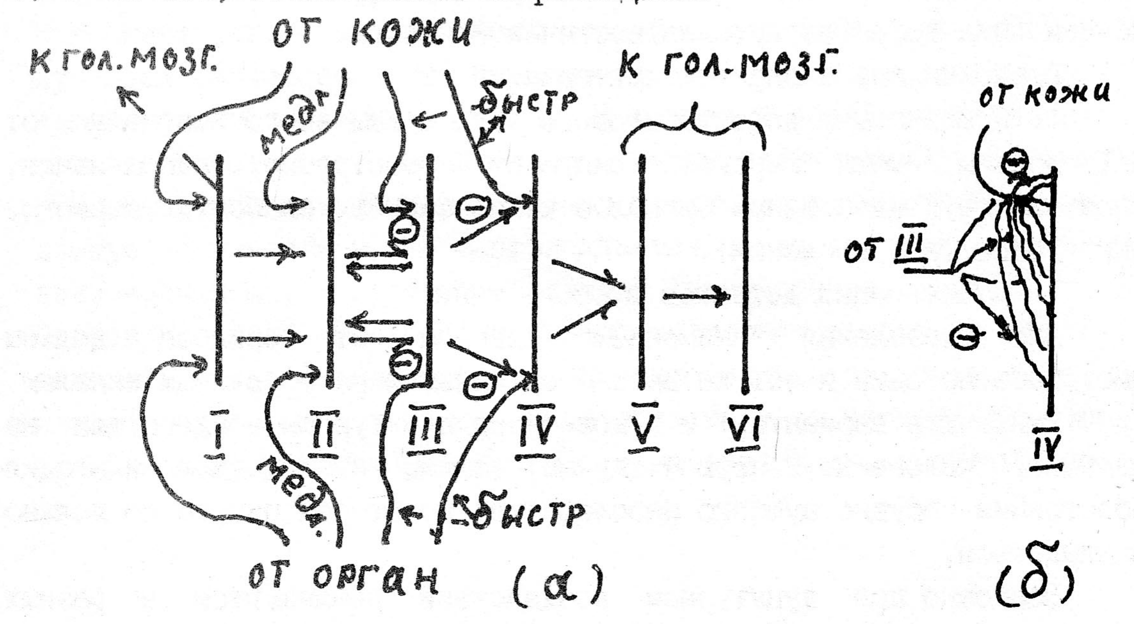


Рис. 2. Схема пластин Рекседа

On the possible mechanism of the therapeutical ENF influense based on the neurophysiological processes

D.S.Chernavskii, V.P.Karp, I.V.Rodstat

Abstract

A possible mechanism of the therapeuticul effect of the EHF-radiation is discussed. The mechanism is based on the following three thesises.

i) The autotherapeuntical system (includiny immunic, system hormonal one and so on) exists in the organism.

ii) The autodiagnostical system should exist in the organism.

iii) The influence of the EHF on the active points and/or active zones provides the correction of the passible defects of the autodiagnostical system.

The construction, the structure and the functions of the autodiagnostical system are discused on the base of the theory of recognition, theory of neurocomputers and neurophysiological data. The following thesis is formulatid: the so called Rexed plates play the role of the autodiagnostical system in an organism.

The possible defects of the autodiagnostical system are numerated.

Two versions of the correction of this detects by the ENF influence on the active points and/or zones an discussed.

First one corresponds to the imitation of the aggravation of the disease.

Second one corresponds to the correction of the "attention" of the autodiagnostical system.

The possible ways of experimental verification of the presented model are discussed.

ПЕРВИЧНАЯ РЕЦЕПЦИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Ю.И.Хургин
Институт органической химии АН СССР
II79I3 Москва, Ленинский просп.47

Реферат. С целью исследования механизма трансдукции внешнего низкоинтенсивного КВЧ-сигнала в управляющих системах организма проведен анализ некоторых фундаментальных особенностей КВЧ-терапии и рассмотрена проблема первичной мишени - физиологической и молекулярной. Наряду с восприятием КВЧ-облучения клетками-рецепторами в глубоких слоях кожного покрова (первичная физиологическая мишень) следовало оценить возможность рецепции излучения активными макромолекулярными структурами на поверхности соответствующих клеток (мембраны, белки, полисахариды и низкомолекулярные метаболиты), структура и динамика которых существенно зависит от их взаимодействия с водным окружением. Так как электромеханические свойства биологических макромолекул не отвечают требованиям к первичным молекулярным мишеням, нами предложена новая схема "вода-первичная молекулярная мишень".

Предложенная схема "вода-мишень" основана на результатах исследования физиологической активности глобулярных белков в низководных условиях, а также на данных абсорбционной спектроскопии КВЧ-диапазона для водных систем, в том числе и содержащих модельные биополимеры.

В соответствии с предложенной схемой непосредственно с КВЧ-излучением взаимодействуют молекулы воды - ротаторы, соответствующая фракция составляет до IO % в жидкой воде; в кожном покрове доля ротаторов значительно меньшая величина. Поглощение КВЧ-квантов молекулами-ротаторами увеличивает их термодинамическую активность, и это сопровождается усилением обмена молекулами воды между гидратной оболочкой физиологически активных белков и средой. Как было показано, усиление такого "водного обмена" должно стимулировать включение активности белков, в том числе рецепторов и каналов. В соответствии со схемой "вода-мишень" молекулы-ротаторы являются универсальными, неспецифичес-

кими медиаторами переноса внешнего КВЧ-облучения кожного покрова на вход системы первичного физиологического отклика.

Введение. Применение КВЧ-излучения в медицинской практике в самое последнее время получает все более широкое распространение. Потенциальные возможности КВЧ-терапии не ограничиваются официально разработанными рекомендациями, появляются новые области применения КВЧ-терапии. С другой стороны, необходима оптимизация и специализация выбора областей облучения и режима работы на отдельных участках кожного покрова. Кроме того, возможно использование сочетанного действия КВЧ-излучения и различных фармакохимических средств.

Одновременно с накоплением клинических и физиологических данных о действии КВЧ-излучения необходимо исследование механизмов, с помощью которых реализуется полезный эффект этого нового вида терапии. Учитывая молекулярную природу биологических систем всех уровней организации, следовало рассмотреть вопрос о первичной мишени для КВЧ-излучения. Эта проблема может решаться на различных уровнях, и поэтому необязательно считать, что первичная физиологическая мишень должна совпадать с первичной молекулярной мишенью.

Исследования, проводимые с целью обнаружения первичных физиологических мишеней, продвинуты достаточно далеко. В настоящее время можно указать на конкретные клетки, в которых формируется первичный нервный импульс, реализуемый далее в виде определенного физиологического или терапевтического эффекта. Естественно предполагать, что непосредственно КВЧ-излучение должно действовать на различные макромолекулярные структуры на поверхности клеток, которые являются первичными физиологическими мишенями. Соответствующие макромолекулярные структуры могут быть объектом прямого или косвенного воздействия КВЧ-излучения. Далее будут рассмотрены имеющиеся экспериментальные и теоретические данные о химических и физических механизмах действия КВЧ на биомолекулы.

Биологические макромолекулы. Большинство метаболических процессов осуществляется благодаря специфическим взаимодействиям активных центров биополимеров с лигандами различной химической

природы. Специфичность реализуется благодаря комплементарности структуры рецепторных центров и лигандов. Активные центры формируются на поверхности биологических макромолекул. Наиболее важными биополимерами являются нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды, а также и биологические мембраны, которые осуществляют в живых системах фундаментально важные функции. Биомембраны образуют внешнюю оболочку клеток, стенки внутриклеточных компартментов, оболочку сложных органелл и являются геометрическим местом локализации белковых систем - каналов, рецепторов, ферментов и т.д., которые потенциально можно рассматривать как первичные молекулярные мишени. Сами биологические мембраны не несут прямой сигнальной функции, но воздействие КВЧ-облучения может оказывать влияние на состояние возможных генераторов первичного отклика белковой природы.

Исходя из рассмотрения временного фактора проявления КВЧ-эффектов в организме воздействие облучения на нуклеиновые кислоты маловероятно. Кроме того, содержание этого вида биополимеров в клетках-мишенях недостаточно велико, чтобы их взаимодействие с КВЧ-излучением низкой мощности могло служить причиной развития наблюдаемых биологических эффектов.

Значение полисахаридов очень велико, они несут структурную, сигнальную и другие функции индивидуальной специфичности. Однако такое разнообразие их функций находится в противоречии с предположением об их возможной роли как об универсальных первичных молекулярных мишенях.

Пространственная организация биомембран и глобулярных белков в виде плотных, конденсированных структур обусловлена общими свойствами соответствующих молекул, в первую очередь по отношению к окружающей их среде. Фосфолипиды, из которых строятся мембраны, являются амфифильными образованиями, они в своем составе, также как и белки, содержат водолюбивые (гидрофильные) части и вытесняемые из водного окружения гидрофобные радикалы. Общим свойством рассматриваемых систем является экспонирование гидрофилов в водную среду и экранировка ими гидрофобов. Количество связываемой мембранами и белками воды является инвариантной величиной; в ходе эволюции были отобраны принципы пост-

роения биополимеров.

С физической точки зрения не имеется препятствий, чтобы рассматривать биологические мембраны в качестве первичных молекулярных мишеней для рецепции КВЧ-излучения. В нескольких лабораториях была исследована возможность регистрации эффектов воздействия КВЧ-излучения на биологические мембраны. Однако в силу большой сложности эксперимента однозначности интерпретации опытов пока достигнуть не удалось.

Большое внимание с рассматриваемой точки зрения уделялось КВЧ-рецепторным свойствам глобулярных белков, которые несут непосредственную физиологическую функцию трансдукции первичного импульса, передаваемого в управляющие системы организма. Были определенные теоретические и экспериментальные предпосылки для обсуждения рецепторных свойств глобулярных белков на основе концепции "белок-машина". В соответствии с таким подходом глобулярный белок рассматривается, как сплошное физическое тело, имеющее т.н. выделенную степень свободы, на которой может накапливаться энергия межмолекулярного взаимодействия лиганд-рецептор. Запасенная таким образом энергия используется в соответствии с этой концепцией для проведения "полезной работы", например, ускорение химического превращения субстратов в активном центре фермента, активный транспорт через мембранные каналы, генерация нервного импульса и т.д. Оценка собственных частот белка-машины показала, что они весьма близки к КВЧ-диапазону. Имеются спектральные данные для обезвоженных белков, подтверждающие такие оценки. Отсюда вытекал вывод, что глобулярные белки, поглощая энергию КВЧ-облучения, способны формировать или стимулировать первичный физиологический отклик.

К сожалению для эффективной работы белка-машины только близости или перекрывания частотных диапазонов недостаточно. Характер поглощения электромагнитного излучения глобулярными белками таков, что на фоне теплового внутриглобулярного движения передача внешнего КВЧ-облучения на выделенную степень свободы при низком уровне мощности не реализуется. Для возбуждения выделенной степени свободы требуются мощности, при которых невозможно сохранение структуры белков.

Нами недавно была предложена новая концепция "вода-мишень", основанная на предположении о непрямом воздействии КВЧ-излучения на белки - физиологические мишени. Эта концепция основана на том, что клетки-мишени кожного покрова находятся в маловодном окружении. В этих условиях в случае патологических состояний определенные популяции клеток-мишеней могут находиться в заторможенном состоянии из-за резкого замедления обмена связанной воды с водным окружением. На модельных опытах было показано, что восстановление физиологической активности белковых структур в маловодных условиях может осуществляться за счет КВЧ-облучения путем повышения термодинамической активности в окружении (пары воды). Маловодные условия являются аналогом системы твердый белок - пары воды.

Широкие исследования поглощения КВЧ-излучения водными системами показали, что наиболее эффективными поглощателями являются молекулы воды, входящие в состав фракции молекул, сохраняющих способность к вращательному движению (молекулы воды - ротаторы). Кроме того, установлено, что КВЧ-излучение заметно (по отношению к тепловому эффекту) повышает их химическую активность.

Рассмотренные экспериментальные данные привели к предположению о том, что молекулы воды-ротаторы являются первичной молекулярной мишенью для КВЧ-излучения в кожном покрове. Повышение термодинамической активности воды в КВЧ-поле вызывает интенсификацию обмена молекулами воды между поверхностью глобулы (гидратная оболочка) и, это стимулирует процессы формирования выделенной степени свободы, необходимой для возникновения первичного сигнала в первичной физиологической мишени. В концепции вода-мишень молекулы-ротаторы выполняют роль медиаторов, передающих КВЧ-возбуждение от внешнего источника на реальные биологические структуры, возбуждение которых должно сопровождаться наблюдаемыми терапевтическими эффектами.

Предлагаемая концепция позволяет объяснить некоторые общие закономерности КВЧ-терапии: I) универсальный характер воздействия на организм, 2) пространственное разделение места облучения и проявления эффекта, 3) наличие лаг-эффекта и 4) усиление сигнала слабой мощности в организме.

THE PRIMARY PERCEPTION OF MILLIMETER WAVES

Yu. I. Khurgin
Institute of Organic Chemistry of Acad. Sci., USSR.
II79I3, Moscow GSP-2, Leninski prosp., 47.

The possible physical mechanisms of low-intensity EHF-stimulus to the controlling systems in organism were analyzed. We discussed some fundamental characteristics of EHF-therapy and then have suggested the molecular models of primary physiological and molecular EHF-target. Along with perception of EHF by cells in deeper layers of the skin (primary physiological target) it was necessary to consider the perceptional ability of different macromolecular structures on the cell surfaces (primary molecular targets - proteins, membranes and low-molecular metabolites), which dynamic structure depended on their interactions with the surrounding water.

The electromechanical properties of biological macromolecules are not suitable for the function of primary molecular targets and therefore we had proposed a new mechanistical model called "water - primary target". This model is based on the results of the study of physiological activity of proteins in low-water conditions and of absorption spectroscopy data on the aqueous systems, including water-biopolymer systems. By this hypothesis EHF is absorbed by the rotating molecules which content in the skin is less than 5% of whole water. EHF-absorption enhances the thermodynamic activity of water and consequently raises the rate of water exchange between hydration shell and its surrounding. This phenomenon is necessary to triggering the activity of primary targets, i.e. proteins. The primary targeting water molecules serve as universal nonspecific mediators of transfer of EHF-excitation from outer radiation onto primary physiologically targets.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ - ОСНОВА АДАПТАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО - ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗМА

В.И.Барабаш, В.В.Фидирко

Днепропетровский филиал Украинского НИИ разведения и искусственного осеменения крупного рогатого скота

320128, г.Днепропетровск, ул.Братьев Трофимовых 32,кв.321.

В связи со стремлением к гомеостазу организм животных и человека реагирует на раздражители развитием общих адаптационных реакций: ориентировки, тренировки, активации и стресс-реакции. В отличие от стресс-реакции, развитие адаптационных реакций тренировки и, особенно, активации способствует возбуждению защитных сил организма, повышению его резистентности, увеличению гонадотропной активности гипофиза, усилению функциональной активности половых желез. Экспериментально обнаружение около 10 уровней реагирования организма (Гаркави и др., 1970) на раздражители.

Минимальная активнодействующая величина временного сдвига незаметная для адаптированного человека, составляет 2 часа (Степанова, 1977). Изучавшиеся реакции адаптации при таком временном сдвиге, оказались мало выраженными и быстро проходили не вызывая десинхронизации суточных ритмов у человека (Доскин, и др., 1989).

Следовательно, функционирование единой системы организма имеет 12 двухчасовых периодов суточного ритма с чередованием фаз.

Из древневосточной медицины известно, что в организме животных и человека имеется большой круг циркуляции энергии в течение суток, осуществляемой по 12 основным меридианам. Состояние максимального и минимального напряжения энергии в каждом меридиане длится 2 часа (Лувсан, 1987).

Согласно современным представлениям меридианы являются энергетическим каркасом организма, который управляется ЦНС.

Проведенная нами оценка энергообмена в группе, состоящей из 12 особей, показала, что в искусственной популяции энергозатраты были такими же, как и у животных, содержащихся на

привязи, которые не испытывали зоосоциального стресса. Это свидетельствует о том, что при такой численности популяции животные стада находились в условиях адаптированной и наиболее устойчивой энергетической системы.

Каждый организм занимает определенное положение в популяции и характеризуется своим информационно-энергетическим уровнем адаптационных возможностей. В биосистемах, описываемых дифференциальными уравнениями, основным фактором, определяющим характеристики адаптации, является частота воздействия (Пантюхин и др., 1989). Воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) соотнесено с определенными популяциями и особями.

Предлагаемая нами модель популяции состоит из 12 информационно-энергетических уровней, соответствующих иерархическим рангам животных в популяции. Каждый уровень характеризуется частотой, соотнесенной с ведущей частотой индивида, то есть каждая энергетическая ступень иерархии несет определенную информационную нагрузку. Энергетическая стабилизация в такой системе возможна, если она реагирует на равное число рангов вверх и вниз иерархической лестницы.

В период эмбрионального развития организм начинает излучать генетически предопределенные частоты, которые равнозначны между собой. В момент начала родов интегральная частота плода и ведущая частота материнского организма входят в явление электромагнитного резонанса. Чем ближе генотип плода к генотипу матери, тем труднее идет период вынашивания, нередко отмечаются преждевременные роды. Электромагнитный резонанс является пусковым механизмом импринтинга у плода. В этот момент происходит запечатление информационно-энергетического уровня плода, а его импринтированная интегральная частота становится ведущей частотой. Иерархический ранг нового организма близок по своему энергетическому потенциалу к материнскому. В период существования организма, потеря и накопление энергии осуществляется посредством ЭМИ (Ситько и др., 1989).

Предлагаемая адаптационная информационно-энергетическая модель формируется вокруг ведущей частоты организма. Она раз-

делена на информационно-энергетические уровни, соответствующие иерархическим рангам особей в популяции. Первый уровень в модели характеризует лидера популяции, двенадцатый - самого слабого представителя популяции. Накопление и расход энергии обусловлены психологическим (ось У) и физическим (ось Х) состоянием организма. Реакция тренировки и активации сопровождается накоплением энергии (уровни от $X > 0$), расход энергии, соответствует реакции организма на стресс (уровни от $X < 0$). На индивида оказывают влияние, как подчиненные особи (уровень от $У > 0$), так и доминирующие (уровни от $У < 0$). В модели каждый уровень имеет собственную информационную частоту. Собственная частота каждого последующего уровня больше собственной частоты предыдущего уровня. Внешние воздействия кодируются в организме в частоты КВЧ ЭМИ и трансформируются в комбинированные частоты ангармонических колебаний. Основным регулятором при заполнении модели информацией является ведущая частота организма. О полной информационной загруженности данного уровня свидетельствует явление электромагнитного резонанса комбинированных частот и собственных частот этого уровня. Адаптация системы к внешнему воздействию на одной ступени определяется как интеграл от адаптивного отклика на эковоздействие по самому воздействию (Пантюхин,1989). Сумма, состоящая из энергии каждой ступени иерархии в популяции, составит максимальную адаптацию организма на данном уровне. На заполнение информационных уровней влияет сочетание потребностей организма и ситуаций для их удовлетворения: в случае их совпадения - заполняются направления модели ($X > 0$, $У > 0$) с положительным, а в случае полного несоответствия - ($X < 0$, $У < 0$) - с отрицательным эффектом. Заполнение остальных направлений модели ($X < 0$, $У > 0$, $X > 0$, $У < 0$) носит энергетически нейтральный характер и не изменяет энергобаланса организма. Заполненная модель становится нестабильной, что ведет к началу импринтинга на голографической основе), то есть к запечатлению функционально-энергетического состояния организма на данный момент и к стиранию прежней информации. Формируется новая адаптационная информационно-энергетическая модель организ-

ма. Импринтированное состояние организма на данный момент времени выражается в новой ведущей частоте новой информационной модели. Чем ближе к периферии популяции находится организм, тем более неустойчиво его положение на данной ступени иерархии. Индивид, находящийся на полярных точках иерархии, практически не подвергается влиянию других ее представителей, а его энерго статус соизмерим лишь с индивидами других популяций.

Экспериментальные доказательства существования адаптационной информационно-энергетической модели организма обнаружены нами при изучении динамики порога болевой чувствительности у животных. Так, уровень болевой чувствительности прямо коррелировал с иерархическим рангом, отражающий энергетический уровэнь животных в популяции. Установлено ступенчатое снижение порога болевой чувствительности у животных, близкого к нулевой отметке. Восстановление порога болевой чувствительности наблюдалось на 3-4 день после окончания электровоздействия, что можно рассматривать как явление искусственно вызванного электромагнитного резонанса организма после курса рефлексотерапии.

Предлагаемая адаптационная информационно-энергетическая модель организма объясняет возникновение хронических заболеваний, которые протекают остро в момент импринтинга. Острые заболевания входя в голографическую основу информационной модели, предопределяют дальнейшее функциональное состояние организма. В методиках закаливания, голодания, КВЧ-терапии, различных способов рефлексотерапии, лечения неврозов, энергетическое заполнение информационных уровней, осуществляется по одному из направлений модели, для возможного изменения энергостатуса организма путем импринтирования нового функционального состояния. Явление гипноза наступает в результате совпадения частоты внешних воздействий с ведущей частотой организма. При этом явление электромагнитного резонанса и импринтинга включается без полного заполнения информационных уровней.

Литература

I. Гаваа Лувсан / Очерки методов восточной рефлексотерапии.- Новосибирск."Наука", - 1980.
2. Ситько С.П., Андреев Е.А. - Энергетический и электрический каркас организма. - Фундаментальные и прикладные аспекты применения ММ ЭМИ в медицине.- К.: Сов.Мин.УССР.- 1989.
3. Пантюхин Я.В. и др. - Об адаптации и устойчивости живых систем. Там же.
4. Доскин В.А., Куинджи И.И. - Биологические ритмы растущего организма.- М.Медицина, 1989.
5. Степанова С.И. - Актуальные проблемы космической биоритмологии. М.: Наука, 1977.
6. Васильченко Г.С. и др. - Сексопатология. М.:Медицина.-1990.

ELECTROMAGNETIC RADIACTION AS THE BASIS OF THE ADAPTIONAL INFORMATION-ENERGETIC MODEL OF THE ORGANIZM

V.I.Barabash, V.V.Fidirko

320128, USSR, Ukraine, Dniepropetrovsk, Brothers Trofimovs Str.,32, Ap. 321, Dr. V.I.Barabash.

Abstract. A new concept of adaptional dependence of the organizm upon the hierarchic laws of populations is suggested. According to its principles information-energetic model is formed in the imprinting process and works due to the effect of electromagnetic resonance in the milimeter waves range, the waves being of non-thermal intensity. A specimen rank in the population hierarchy is the determining factor in the many-level energetic autoregulation of the organizm. The organizm enegetic potential level provides the individual reply on a new stress. The energetic potencial dynamics is predetermined by the organizm information model. The possibility of changes of the information-energetic model explaines the chronical deseases development, the action of superhigh frequencies therapy, reflex therapy, hypnosis, the influence of starvation, training and treatment of neuroses.

ДЕЙСТВИЕ ЭМИ КВЧ НА ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНОВ И ПРОТОНОВ В СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ХРОМОФОР-БЕЛКОВЫХ КОМПЛЕКСАХ

Е.П.Лукашев, А.А.Кононенко, А.Б.Рубин

Кафедра биофизики биологического факультета Московского государственного университета, 119899, Москва

Реферат. Методом импульсной спектроскопии изучено влияние электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ, 78 Ггц, 30 мВт см$^{-2}$, длительность однократного воздействия 10 мин) на характер светоиндуцированных процессов переноса зарядов с участием хинонных кофакторов в хлорофилл-содержащих белках бактериальных фотосинтетических реакционных центров (РЦ) и на кинетику темновых превращений ключевого интермедиата М фотоцикла ретиналь-содержащего белка бактериородопсина (Бр) в пурпурных мембранах галобактерий. Установлено, что ЭМИ КВЧ уменьшает время оборота Бр в фотоцикле по-видимому за счет повышения скорости движения H^+ во второй половине протонного канала на завершающей стадии регенерации исходной формы пигмента Бр. Эффект наиболее выражен в присутствии 50 % диметилсульфоксида. Обнаружена стимуляция полем ЭМИ КВЧ внутрибелкового переноса электрона от фотовосстановленного первичного хинона Q_A^- ко вторичному Q_B. В экспериментах с использованием плоскополяризованного света показано, что при определенной (перпендикулярной) ориентации действующего и измеряющего лучей по отношению к вектору электрической составляющей ЭМИ КВЧ эффективность влияния поля почти в 2 раза выше, чем при параллельной ориентации. Полученные статистически достоверные данные рассматриваются как свидетельство направленного характера полевого воздействия на динамику протонируемых белковых групп и молекул воды, участвующих в стабилизации фотомобилизованного электрона на хиноне Q_B в РЦ.

Введение. Успешной разработке вопросов использования низкоинтенсивных электромагнитеных излучений миллиметрового диапазона в медицине должно способствовать раскрытие первичных механизмов восприятия и воздействия ЭМИ КВЧ на ключевые биоэнергетические процессы. Специализированные природные мембранные образования и

их важнейшие компоненты могут служить удобной моделью для фундаментальных исследований в этой области. Особое место следует отвести энергопреобразующим системам фотосинтезирующих организмов. На данных объектах современные методы спектроскопического анализа позволяют проследить в естественной последовательности развитие процессов трансформации энергии с момента их инициирования до конкретного функционального ответа, количественно оценить их эффективность. В связи с этим представлялось перспективным изучить закономерности влияния ЭМИ КВЧ на структурно-динамическое состояние, определяющее специфическую активность фотосинтетических мембран и отдельных пигмент-белковых комплексов. Экспериментальным подходом к решению задачи являются измерения и анализ характера светоиндуцированных процессов переноса элементарных зарядов, электронов и протонов методами импульсной абсорбционной кинетической спектрофотометрии.

Результаты и обсуждение. Бр, входящий в состав пурпурных мембран (ПМ) Halobacterium halobium является одним из наиболее изученных фоточувствительных энергопреобразующих белков. После поглощения света хромофорной группой этот белок претерпевает цикл превращений, результатом которых является перенос протона через мембрану. Важнейшим в функциональном отношении промежуточным продуктом фотоцикла Бр является форма М пигмента; ее образование и распад сопровождаются соответственно де- и репротонированием Бр. Движение H^+ представляется последовательностью переходов между донорно-акцепторными группами аминокислотных остатков, с участием молекул воды, формирующих входной и выходной (по отношению к хромофорной группе) протонные полуканалы в белке Бр. Нами изучена кинетика завершающей стадии фотоцикла Бр, т.е. процесса регенерации исходной формы пигмента из состояния М, обнаруживающего сильную зависимость от температуры, влажности, pH, вязкости, ионной силы среды. ЭМИ КВЧ (54, 66, 78 Ггц, I-30 мВт $см^{-2}$, экспозиция 3-40 мин) не оказывает заметного специфического влияния на фотоперенос протона как в водной суспензии, так и в дегидратированных пленках нативных ПМ. Вместе с тем ЭМИ КВЧ (78 Ггц, 30 мВт $см^{-2}$, не менее 3-х мин, I мм кварцевая кювета под углом 45^{o} к рупору щелевого металлического волновода на расстоянии 3-5 мм) вызывает ускорение, в среднем

на 30 % протонного переноса, осуществляемого Бр в присутствии органических растворителей, модифицирующих систему внутрибелковых водородных связей. Наибольшую активность проявлял диметилсульфоксид (50 % по объему). Наблюдаемый эффект полностью обратим и, по-видимому, имеет нетепловой характер, так как эквивалентное изменение кинетики изученного процесса требует разогрева объемной фазы образца на 5-6^{0}, что в 2-3 раза больше производимого ЭМИ КВЧ.

К специализированным природным образованиям, осуществляющим светозависимый высокоэффективный и направленный перенос электронов (в отличие от Бр), относятся пигмент-белковые комплексы внутриклеточных мембран фотосинтезирующих бактерий, называемые РЦ. В изолированных РЦ,из Rhodobacter sphaeroides под действием света происходит исключительно быстрое (в пикосекундном интервале времени) разделение зарядов между димером бактериохлорофилла (Бхл) и хинонными акцепторами. Электрон, захваченный на первичном убихиноне Q_A может смещаться далее на вторичный Q_B за время порядка 100 микросекунд. Перенос электрона на Q_B наблюдается при температурах выше - 50^{0} и относительной влажности $P/P_0 > 0,5$ ($\approx 0,23$ H_2O г/г сухого веса белка). Стабилизация анион - семихинонной формы вторичного акцептора на сравнительно длительное время (порядка I секунды) обеспечивается возможностью протонирования, Q_B - ближайшей ионогенной группой на месте связывания этого кофактора. Нами обнаружена значительная стимуляция полем ЭМИ КВЧ фотоинициированного внутрибелкового переноса электрона в системе хинонных акцепторов РЦ. Показателем эффективности этого процесса служили амплитудно-кинетические характеристики изменений поглощения димера Бхл при 870 нм. В экспериментах с использованием плоскополяризованного света определено, что эффективность переноса в поле ЭМИ КВЧ (условия те же, что и в случае Бр), при определенной (перпендикулярной) ориентации действующего и измеряющего лучей по отношению к ориентации вектора электрической составляющей поля может быть почти в два раза больше, чем при параллельной ориентации. Типичные результаты исследования приведены в таблице. Обработка массива полученных данных сп помощью пакета программ "Statgrafics" на ЭВМ показала статистическую достоверность эффекта. Фотоперенос заряда на убихинон Q_B и его протонирование, определяющее

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ АМПЛИТУДЫ ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИ 870 нм В ПОЛЕ ЭМИ КВЧ ПРИ ЕГО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ (⊥) И ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ (||) ОРИЕНТАЦИИ К ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗМЕРЯЮЩЕГО И ДЕЙСТВУЮЩЕГО СВЕТА В СУСПЕНЗИИ РЕАКЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ Rhodobacter sphaeroides

N° серии / ΔA/A (%)	I	2	3	4	5	6	7	среднее значение
ΔA/A(⊥)	I3,37	23,80	I3,05	I5,49	I7,28	5,94	26,78	I6,52
ΔA/A(||)	I5,74	5,95	5,87	7,08	7,85	I2,87	I5,89	I0,I0
ΔA(⊥)/ΔA(||)	0,85	4,00	2,22	2,I8	2,34	0,46	I,68	I,96

Примечание: численные значения в сериях экспериментов I-7 соответствуют усредненным величинам параметров по I2 индивидуальным измерениям (ошибка каждого не превышает 2-3%)

вероятность захвата электрона, являются векторными процессами в пределах комплекса РЦ; следовательно и воздействие ЭМИ КВЧ должно быть направленным. Полевой эффект очевидно не может быть тепловым, поскольку взаимное расположение измерительной ячейки и волновода генератора оставалось неизменным в этих опытах.

Как и в случае Бр обнаруженное действие ЭМИ КВЧ, очевидно, связано с возможностью индукции ротационных и/или либрационных движений легких полярных групп пигмент - белковых комплексов и связанных с ними диполей воды, вовлекаемых в первичные процессы трансформации световой энергии. Более подробно эта гипотеза рассматривается в работе / I /.

Литература

I. Е.П.Лукашев, А.А.Кононенко, П.П.Нокс, В.И.Гайдук, Б.М.Цейтлин, А.Б.Рубин, О.В.Бецкий. Докл. АН СССР I99I. Т. 3I8. № 2. С. 450-453.

Abstract. A study was conducted using pulsed spectroscopy technique to investigate the effect of extremely-high frequency (EHF) radiation (78 GHz, 30 mW cm^{-2}, exposure time 10 min) on light-induced charge transfers involving quinone co-factors in chlorophyll-containing proteins of the bacterial photosynthetic reaction center and on the kinetics of dark conversions of the principal intermediate M of the photocycle of retinal-containing protein bacteriorhodopsin (BR) in purple membranes of halobacteria. EHF radiation was found to couse a decrease in time of BR turnouver in the photocycle, presumable due to the faster transfer of H^+ via the second part of the proton channel, as generation of the initial form of the BR pigment tends to complition. The effect is most pronounced in the presence of 50 % dimethylsulfoxide. EHF field was found to stimulate intraprotein electron transfer from photo-reduced primary quinone Q_A^- to secondary quinone Q_B. It is shown in experiments with polarized light that the efficiency of EHF radiation is twice as high with a certain (perpendicular) orientation as with a parallel orientation of light beams (both actinic and measuring) and the EHF electric field vector. The obtained statistically reliable data provide evidence for a directional non-thermal action of applied field on the dynamics of protonated protein groups and water molecules

involved in the stabilization of a photomobilized electron on the secondary quinine O_B.

E.P.Lukashev, A.A.Kononenko, A.B.Rubin

Effect of EHF Radiation on Electron and Proton Transfers in Natural Light-sensitive Chromophore-Protein Complexes

Department of Biophysics, Faculty of Biology, University of Moscow, 119899, Moscow.

ВЛИЯНИЕ ЭМИ КВЧ НА ДИНАМИКУ ФОРМИРОВАНИЯ ТРИПЛЕТНЫХ СОСТОЯНИЙ В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ РЕАКЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ ПУРПУРНЫХ БАКТЕРИЙ И СПЕКТРЫ РКР КАРОТИНОИДНОГО КОМПОНЕНТА

П.П.Нокс, В.З.Пащенко, С.Л.Логунов, С.К.Чаморовский, А.А.Чурин

Биологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва II9899

Реферат. Показана возможность влияния ЭМИ КВЧ нетепловой интенсивности (78 ГГц, ~30 мВт/см^2) при продолжительном (не менее минуты) воздействии на динамику перехода синглетно-возбужденной первичной ион-радикальной пары реакционных центров (РЦ) в триплетное состояние. Увеличение выхода триплетных состояний РЦ не объясняется тепловым эффектом и не связано с воздействием магнитной составляющей ЭМИ КВЧ. Миллиметровое (мм) излучение влияет и на процессы дальшейшей дезактивации триплетных состояний в РЦ с участием молекулы каротиноида. Может наблюдаться существенное (почти в 2 раза) увеличение времени жизни триплета каротиноида под воздействием ЭМИ КВЧ. Продолжительное воздействие ЭМИ КВЧ может приводить также к изменениям в спектре резонансного комбинационного рассеяния (РКР) каротиноидов, связанных с фотосинтетическими белками. В ряде случаев выявлены статистически достоверные изменения под влиянием облучения в соотношении интенсивностей полос при I005, II50, II96 см$^{-I}$ для каротиноидов в составе фотосинтетических мембран. Результаты объясняются с позиций влияния ЭМИ КВЧ на структурно-динамическое состояние фотосинтетических образцов.

Введение. Процессы фотосинтетического преобразования световой энергии, протекающие в высокоспециализированных природных макромолекулярных системах, в значительной степени определяются их структурно-динамическим состоянием, в регуляции которого активную роль осуществляет гидратная вода /I/. Исследование влияния ЭМИ КВЧ на характер данных процессов может оказаться полезным для понимания механизмов первичного взаимодействия мм излучения с биологическими объектами.

Результаты и обсуждение. Исследования проведены на фотосинтетических мембранах и изолированных из них РЦ бактерий Rhodobacter sphaeroides . РЦ, представляющие собой гидрофобные белково-пигментные комплексы с молекулярной массой ~I00 кДа, несущие фиксированные в их структуре кофакторы электронного переноса, изолиро-

вали из мембран с помощью детергента лаурилдиметиламиноксида, как описано в работе /2/. Исследовали влияние мм излучения (78 ГГц, ~30 мВт/см^2) на пико-наносекундные стадии электронного переноса в восстановленных дитионитом и аскорбатом натрия РЦ. В этих условиях, когда хинонные акцепторы РЦ восстановлены химически, световая активация приводит к разделению зарядов между первичным донором электрона - бактериохлорофиллом (Р) и промежуточным акцептором - бактериофеофитином (I), а время жизни ион-радикальной пары $^1(P^+I^-)$ становится достаточным для возможности ее интерконверсии в триплетное состояние $^3(P^+I^-)$ с конечным формированием локализованного триплетного состояния ^3P. Анализировали изменения выхода триплетных состояний РЦ в поле КВЧ. Последний оценивали по вкладу в регистрируемую при помощи пико-наносекундного абсорбционного спектрометра /3/ кинетику темнового восстановления фотоокисленного Р наиболее медленного кинетического компонента, отражающего переход ион-радикальной пары P^+I^- в триплетное состояние. Изменения поглощения Р измеряли при 870 нм в суспензии РЦ, помещаемой в кварцевую кювету толщиной ок. I мм. ЭМИ КВЧ подводили под углом 45° к передней стенке кюветы, расстояние до нее составляло 5-7 мм. Облучение образца проводили в непрерывном режиме, источником ЭМИ служил генератор КВЧ Г4-142. Основные исследования выполнены с использованием максимальной мощности излучателя - ~30 мВт/см^2 на частоте 78 ГГц, поскольку частотных зависимостей эффектов выявлено не было. О поглощении ЭМИ КВЧ судили по показаниям термопары, погружаемой в облучаемый объем. Максимальный нагрев образцов не превышал I$^\circ$ и достигался через 2-3 мин облучения. Время регистрации кинетической кривой составляло ок. 30 мин. Вначале регистрировали контрольную кривую, затем включали поле КВЧ и проводили регистрацию в этом поле, после выключения последнего проводили повторный контроль. Обнаружено, что ЭМИ КВЧ может приводить к обратимому увеличению выхода триплетных состояний РЦ - максимум на ~10 %. В сериях измерений величина изменения степени выхода РЦ в триплетное состояние колебалась между этим максимальным значением и величиной, не превосходящей ошибки измерений. Эффект не объясняется нагревом образца, поскольку выход триплетных состояний РЦ имеет противоположную зависимость от температуры. Он не связан и с влиянием магнитной составляющей мм излучения, т.к. в слабых магнитных полях выход

триплетных РЦ снижается (вследствие расщепления подуровней триплетного состояния и изменения величины синглет-триплетного смешивания). В сериях экспериментов, когда воздействие полем КВЧ осуществляли в прерывистом режиме по 30-40 с - время измерения одной точки в регистрируемой по точкам кинетической кривой - с параллельной записью контрольных (в отсутствие поля) точек, достоверных эффектов влияния мм излучения не обнаружено. Данный результат позволяет предположить, что для проявления первичного эффекта воздействия необходимо достаточно длительное (превышающее I мин) время, в течение которого микроскопические эффекты локальных воздействий поля очевидно трансформируются в более крупномасштабные изменения - по-видимому структурно-динамического состояния РЦ, - контролирующие протекание регистрируемых процессов. Начальным этапом действия излучения мог бы служить, например, предложенный в работе /4/ механизм "раскачки" легких полярных групп или диполей воды в поле фоторазделенных зарядов в макромолекулярной структуре реакционного центра.

Вывод о влиянии ЭМИ КВЧ на структурно-динамическое состояние комплекса РЦ подтверждается также наблюдениями за дальнейшей дезактивацией триплетного состояния Р, формируемого в результате световой активации препаратов. Последнее в субмикросекундном диапазоне времени эффективно тушится встроенной в РЦ молекулой каротиноида (в данном случае - сфероидена). Время жизни возникающего триплета каротиноида (^3Car) зависит от динамики равновесия $^3P \rightleftharpoons {}^3Car \rightarrow {}^1Car$ /5/, на которую могут заметно влиять стерические факторы типа взаимной ориентации и расстояний между взаимодействующими в процессе триплет-триплетного переноса энергии молекулярных групп, конфигурации полиеновой цепи Car . Время жизни ^3Car регистрировали по изменениям поглощения при 5I0 нм на установке, описанной в работе /6/; образец при этом помещался в десятимиллиметровую кварцевую кювету, излучение КВЧ подводили в торец одной из ее стенок. Время регистрации кинетической кривой составляло ок. 20 мин. В одной из серий экспериментов выявлено значительное возрастание времени жизни ^3Car под воздействием ЭМИ КВЧ (78 ГГц): с $\simeq$40 мкс в контроле - до $\simeq$70 мкс. Решающая роль структурно-динамического состояния препаратов в проявлении эффекта видна, в частности, из того, что в РЦ, выделенных из мембран с использова-

нием режима менее интенсивной обработки последних детергентом, влияния мм излучения не обнаружено: и облучаемый, и контрольный образцы показывали характерное время распада ^3Car ок. 8 мкс.

Продолжительное воздействие ЭМИ КВЧ может приводить и к изменениям в спектрах РКР каротиноидов, связанных с фотосинтетическими белками. Данные эксперименты были выполнены на препаратах фотосинтетических мембран из Rb. sphaeroides . Суспензия мембран помещалась при этом в стеклянный капилляр диаметром ок. I мм, измерения выполнялись на приборе, описанном в работе /7/. Длина волны возбуждающего света составляла 488 нм. Сравнивали соотношение интенсивностей полос при 1005, 1150, 1196 $см^{-1}$ в спектре РКР, отражающих динамическое состояние одинарных связей полиеновой цепи каротиноидов. Время воздействия ЭМИ КВЧ составляло не менее 5-6 мин, максимальный нагрев образца в поле (78 ГГц) не превышал 1^0 и достигался через 2,5-3 мин после включения поля. В ряде случаев выявлены статистически достоверные изменения в соотношении интенсивностей указанных полос. В препаратах, охлажденных до 77 К, а также в модельной низкомолекулярной системе (раствор β-каротина в CCl_4) спектры РКР контрольного и облучаемого образцов практически совпадают. Зависимость соотношения интенсивностей рассматриваемых полос от структурно-динамического состояния каротиноид-содержащих белков подтверждается соответствующими изменениями в спектрах РКР при введении в препараты мембран модифицирующих добавок ряда криорастворителей. Ранее было показано /I/, что последние, воздействуя на систему водородных связей в препаратах, существенно влияют на структурно-динамические и функциональные свойства фотосинтетического аппарата. Максимальное модифицирующее воздействие оказывал диметилсульфоксид, затем следовал пропиленгликоль, наименее "эффективным" был глицерин. Проведенное исследование влияния данных криопротекторов на спектры РКР каротиноидов фотосинтетических мембран показало, что в такой же последовательности эти растворители воздействовали и на регистрируемые спектральные показатели.

ЛИТЕРАТУРА

I. Рубин А.Б. и др. Молекулярные механизмы трансформации энергии в первичных процессах фотосинтеза. Итоги науки и техники, сер. Биофизика. М.: ВИНИТИ, 1987, Т.20, 249 с.

2. Захарова Н.И. и др. Биохимия. 1981. Т. 46. С. 1703-1710.
3. Корватовский Б.Н. и др. Биол. науки. 1982. № 11. С. 105-112.
4. Лукашев Е.П. и др. Докл. АН СССР. 1991. Т. 318. С. 450-453.
5. Lous E.J., Hoff A.J. Biochim. Biophys. Acta. 1989. V. 974. P. 88-103.
6. Чаморовский С.К. и др. Биол. науки. 1989. № 6. С. 98-100.
7. Гаджиев З.И. и др. Биол. науки. 1980. № 8. С. 98-104.

Knox P.P., Paschenko V.Z., Logunov S.L., Chamorovsky S.K., Churin A.A.

EFFECT OF EHF RADIATION ON THE DYNAMICS OF FORMATION OF TRIPLET STATES IN PHOTOSYNTHETIC REACTION CENTERS OF PURPLE BACTERIA AND PAMAN SPECTRA OF CAROTENOIDS

Department of Biology, University of Moscow, Moscow 119899

Extremely high frequency radiation (millimeter wavelength region) of non-heating intensity (78 GHz, ~30 mW/cm^2) was found to have influence on the dynamics of the singlet-to-triplet transition of the ion-radical pair of the reaction center after a fairly long exposure (at least 1 minute). The increased yield of triplets is not due to the thermal effect, nor is it due to the magnetic component of radiation. The millimeter radiation has also effect on further deactivation of the triplets including the RC carotenoids. A marked increase in the lifetime of a carotenoid triplet was seen under the EHF radiation effect. A prolonged EHF exposure causes changes in the Raman spectra of carotenoids associated with the photosynthetic proteins. In some cases, statistically reliable changes induced by the radiation were observed in the relative proportions of the intensities of the 1005, 1150, 1196 cm^{-1} bands of the carotenoids of the photosynthetic membranes. The results are explained in terms of the influence of EHF radiation on the structure and dynamics of the photosynthetic samples.

НЕЛИНЕЙНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОЛЯРНЫМИ МОЛЕКУЛАМИ

В.И.Гайдук, Б.М.Цейтлин

Институт радиотехники и электроники АН СССР, 103907, Москва, просп. К.Маркса, 18, СССР

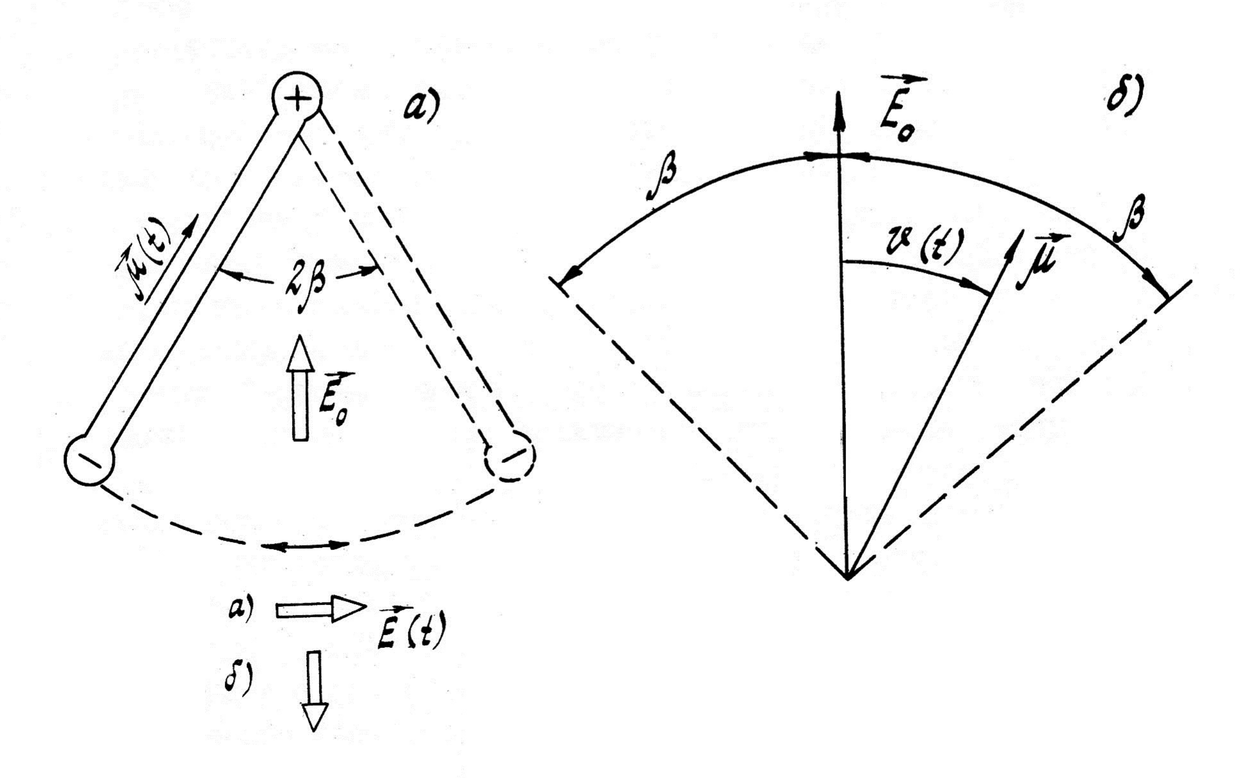
Возможный первичный механизм воздействия КВЧ излучения на биологические объекты состоит в раскачке излучением полярных молекул, например, молекул воды, ориентированных сильным электростатическим полем $\vec{E}_0$, достигающим $10^5 - 10^6$ В/см. Раскачкой $\delta\beta$ мы называем изменение амплитуды либраций β молекулы относительно направления поля $\vec{E}_0$, угловая частота либраций Ω порядка $(\mu E_0/I)^{1/2}$ и может попадать в КВЧ диапазон (μ - дипольный момент, I - момент инерции молекулы). Попутно с раскачкой в процессе взаимодействия изменяется полная энергия молекулы H; величины $\delta\beta$ и изменения энергии δH при $\beta \simeq \frac{\pi}{2}$ оказываются пропорциональными друг другу. Наконец, если направление электрического поля $\vec{E}(t)$ вращается в пространстве, что достигается, например, при круговой поляризации излучения, то электрическая компонента излучения $E(t)$, сообщая полярной молекуле момент $\vec{\mu}(t) \times \vec{E}(t)$, может, в принципе, закрутить и окружающую среду. Первые два эффекта - появление раскачки $\delta\beta$ и изменения энергии δH - могут иметь заметную величину лишь при двух условиях: а) взаимодействие резонансное, т.е. частота излучения ω близка к частоте либраций Ω; б) так как поле $E(t)$ слабое, необходима малая величина трения, иначе время, в течение которого частота либраций остается почти неизменной, должно быть достаточно большим. Именно биологические объекты могут, в принципе, обеспечить последнюю возможность в силу того, что при большом поле E_0 частота либраций слабо зависит от "внешних" условий (столкновений). Например, для связанной белком воды время дебаевской релаксации τ_D, которое характеризует время жизни ближнего окружения молекулы H_2O, на два порядка больше времени τ_D в жидкой воде и может составлять ~ 1 нс. В докладе показывается, что при таком времени облучения раскачка $\delta\beta$ и относительное изменение энергии, названное КПД воздействия, могут быть довольно заметными. Появление раскачки может, в принципе, вызвать последую-

щие изменения в биообъекте, некоторые явления воздействия, наблюдавшиеся в МГУ на фотосинтезирующих бактериях, косвенно подтверждают существование подобных влияний [I]. Особенностью третьего эффекта - закручивания среды - является то, что он может реализоваться благодаря трению, т.е. в вязкой среде. Ясно, что характерные времена воздействия, при которых эффект возможен, связаны с развитием гидродинамических вихрей в микроскопических объемах, поэтому времена реакции в данном случае гораздо больше, вероятно, как минимум - порядка секунд. Все три эффекта представляют собой примеры специфического действия КВЧ излучения, так как они реализуются из-за раскручивания полярных молекул излучением, а не из-за перераспределения приобретаемой у поля $E(t)$ энергии, характерного для действия поля, обусловленного разогревом среды. Остановимся более подробно на первых двух эффектах. Оценим величины раскачки и изменения энергии, $\delta\beta$ и КПД. Прежде всего, отметим, что наибольшее воздействие поля на молекулу должно наблюдаться в скрещенных полях $\vec{E}_0$ и $\vec{E}(t)$, см.рис.Ia, где при ориентации $б$ раскачка должна быть гораздо меньше, чем при ориентации a. Интересно, что в [I] была доказана существенная зависимость эффекта воздействия - влияния поля $E(t)$ на транспорт электрона в белке (реакционном центре) - от поляризации излучения относительно расположения белка. Табл.I на примере четырех систем А,Б,В,Г иллюстрирует долю r молекул, совершающих либрации (остальные молекулы испытывают заторможенное вращение). Показана также доля r_0 частиц, у которых либрации совершаются по почти гармоническому закону, так как они колеблются вблизи дна потенциальной ямы, образованной сильным консервативным полем E_0. Указаны и длина волны λ, при которой осуществляется резонансное взаимодействие с излучением, момент инерции молекулы и величина поля E_0. Система А - это молекула воды в поле $E_0 \sim 10^5$ В/см, система Б - молекула гемоглобина в таком же поле, система В - некая условная молекула (указан ее момент инерции I) с дипольным моментом μ, как у воды, такая, что при $E_0 = 10^5$ В/см резонанс должен наблюдаться при $\lambda = 7{,}1$ мм. Наконец, система Г относится к молекулам воды: находится поле E_0 такое, чтобы резонансная длина волны $\lambda = 7{,}1$ мм. Мы видим, что в последней системе поле E_0 должно быть порядка кВ/см, тогда как в характерном поле

Таблица

	Система ($\beta \simeq \pi/2$)	А	Б	В	Г	Примечание
Движение в поле $\vec{E}_0$	λ, мм	0,93	354	7,I	7,I	
	E_0 кВ/см	I00	I00	I00	I,7	
	$I \cdot 10^{40}$ г.см^2	I,483	4,69 10^7	87	I,483	
	η, %	I2	I00	I2	I,5	
	η_0, %	4,7	I00	4,7	0,6	
Воздействие $\vec{E}(t)$, E_m = 8 В/см	$\delta\beta$, град	2,I	2,I	2,I	I6	
	КПД, %	7,4	7,4	7,4	57	
	$\delta\omega/\omega$, %	I,I	I,I	I,I	8,3	
	δr, %	0,4I	I,I8	0,4I	0,4I	*
	ρ	0,022	0,84	0,022	0,0022	**
		II0	II0	II0	I4	***
	$\tau_{опт}$, нс	0,34	I30	2,6	0,34	

*Движение в плоскости, **оценка для пространственной системы. ***Среднее число либраций диполя за время $\tau_{опт}$.



биомембраны (~10^5 В/см) резонансная длина волны смещается к нижней части мм диапазона (для молекул воды). Напротив, для макромолекулы при поле 10^5 В/см резонанс должен наступать в дм диапазоне длин волн. В последнем случае практически все молекулы – либраторы, для более легких молекул доля либраторов изменяется от процента до десятка процентов.

В табл.I для тех же четырех систем показан и эффект воздействия – средняя величина раскачки $\delta\beta$ (усреднение проводится по начальным фазам поля, так как в момент t_0 начала взаимодействия после сильного столкновения относительная фаза $\omega t_0 - \vartheta_0$ может быть случайной, угол ϑ показан на рис.Iб). Для определенности амплитуда E_m поля E (t) взята равной 8 В/см (в мм диапазоне при этом значении E_m интенсивность излучения порядка 20 мВт/см^2). Оценки сделаны для молекул, у которых амплитуда либраций β в "невозмущенном" состоянии, т.е. при отсутствии излучения, составляет $\simeq \pi/2$. Мы видим, что лишь при достаточно слабом поле E_0 (порядка кВ/см) раскачка $\delta\beta$ превышает 10° (система Г); для поля 10^5 В/см она не превышает нескольких градусов. При этом доля резонансных частиц δr оказывается относительно малой: для системы Б она порядка процента, а для остальных систем – порядка сотых или тысячных долей процента. Так как рассматриваемый процесс взаимодействия нелинейный, в полосу взаимодействия попадают лишь частицы, фаза колебаний которых захватывается полем излучения. Интересно, что полоса $\delta\omega$ резонансного взаимодействия при этом достаточно широкая: она порядка I-I0% частоты излучения ω (это грубые оценки). КПД воздействия, т.е. отношение изменения энергии, δH, к величине кинетической энергии частицы в момент начала взаимодействия, для резонансных частиц порядка нескольких процентов, а при более слабом поле E_0 (система Г) – гораздо больше. Все эти эффекты – раскачка $\delta\beta$ и КПД – могут наблюдаться, лишь если время облучения резонансной частицы близко к оптимальной величине $\tau_{опт}$, которая для относительно легких частиц порядка долей – единиц нс, а для гемоглобина – сотни нс. Если в качестве критерия времени жизни диполя взять дебаевское время τ_D, то, как следует из расчетов, действие излучения на жидкую воду или на объемную воду в биообъектах не должно приводить к заметным эффектам, так как в указанных средах время τ_D намного меньше требуемого времени $\tau_{опт}$ (составля-

ет $\sim$ 10 пс). Для связанной воды время $\tau_D \sim \tau_{опт}$, то же можно сказать о времени релаксации τ_D для процесса вращательной диффузии белка (вместе с окружающим его гидратным слоем). В этих случаях рассмотренный механизм раскачки и изменения энергии, в принципе, можно реализовать. С другой стороны, взаимодействие КВЧ излучения с молекулами связанной воды или с полярной молекулой белка не должно приводить к сильному поглощению излучения. Следовательно, линейный (не зависящий от амплитуды поля E_m) эффект поглощения может не иметь прямой связи с изученными здесь нелинейными эффектами, связанными с влиянием излучения на динамические характеристики либраторов. По-видимому в КВЧ диапазоне в воде поглощают излучение, в основном, молекулы H_2O, имеющие большую вращательную подвижность - дефекты структуры воды. Воздействие излучения на такие молекулы не должно сопровождаться большой раскачкой или изменением энергии, так как время жизни этих молекул, τ, как раз порядка дебаевского времени релаксации воды ($\sim$10 пс).

Иная картина с гидродинамическим действием излучения - закручиванием среды, прилегающей к полярной молекуле. В отличие от рассмотренных выше эффектов $\delta\beta$, δH появление вихрей представляется, в первом приближении, линейным по полю E_m эффектом и обусловлено вязкостью жидкости. Времена релаксации пропорциональны величине вязкости. Поэтому появление вихрей в связанной воде должно происходить иначе, чем в объемной воде. Теория подобного процесса пока не разработана.

Литература

1. Е.П.Лукашев, А.А.Кононенко, П.П.Нокс, В.И.Гайдук, Б.М.Цейтлин. Влияние поляризации КВЧ излучения на эффективность переноса электрона в системе хинонных кофакторов фотосинтетического реакционного центра. В кн.: Миллиметровые волны в медицине.- М: ИРЭ АН СССР.- 1991.

NONLINEAR INTERACTION OF MILLIMETER RADIATION (MR) WITH POLAR MOLECULES

V.I.Gaiduk and B.M.Tseitlin

Institute of Radio Engineering and Electronics of the USSR Academy of Sciences, K.Marx av., 18, Moskow, GSP-3, 103907, USSR

As the primary effect of MR on biological objects are proposed: i) the swinging $\delta\beta$ of molecular dipole librators oriented by strong (up to 10^5-10^6 V.cm^{-1}) electric E_0 and ii) the corresponding energy change δH experienced by a molecule during life-time τ between "strong collisions".

A polar molecule with constant dipole moment, μ , performs librations around the direction of a strong electric field $\vec{E}_0$ with amlitude β and frequency Ω depending on the dipole energy H. The librational motion is supposed to be effected by the crossed electromagnetic field $\vec{E}(t)=\vec{E}_m$ sinwt of small amplitude $\vec{E}_m(\vec{E}_m \perp \vec{E}_0$, $E_m \ll E_0)$. The solution of simplified equations of motion of reorientating dipoles is described, the conditions $|\omega-\Omega| \ll \omega$ and $\tau=t-t_0 \gg 2\pi/\omega$ of long resenant interaction are supposed to be valid. Analitic expression for the energy $\delta H=H(t)-H(t_0)$ and swinging $\delta\beta=\beta(t)-\beta(t_0)$ of a dipole during time $t-t_0$ of interaction with radiation as well as values $\overline{\delta H}$ and $\overline{\delta\beta}$ averaged over initial phase ωt_0 are obtained. In the case of low intensity millimeter radiation ($\sim$10mW.cm^{-2}) optimum time of interaction τ_{opt} (τ_{opt}=0,1÷1 ns) in biological objects can probably be met in experiment as τ_{opt} has the order of the Debye relaxation time.

A new mechanism of specific interaction of EHF radiation with polar molecules is also suggested. It consists in turning of medium adjacent to polar molecule effected by rotating electric field. Much larger time τ_{opt} of interaction (of macroscopic scale) can be met in this mechanism, as slow selfdiffusion processes are important in hydrodinamic events.

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ КООПЕРАТИВНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ КВЧ

А.К.Видыбида

Институт теоретической физики, 252130 Киев

Резюме.

Исследованы избирательность и чувствительность отклика в системах первичных рецепторов с положительной кооперативностью. На примере бистабильной химической системы установлено, что чувствительность и избирательность кооперативной системы значительно выше, чем у единичных первичных рецепторов. Рассмотрен случай, когда внешним воздействием является ЭМ поле КВЧ, а первичными рецепторами - молекулы. Установлено, что при добротности молекулярных колебаний $Q = 1$ интенсивность поля $I = 1$ мВт/см^2 способна вызвать значительный отклик на уровне кооперативной системы, избирательность которого может быть охарактеризована добротностью $Q = 20000$. Учтен тепловой шум при $T = 300$ К.

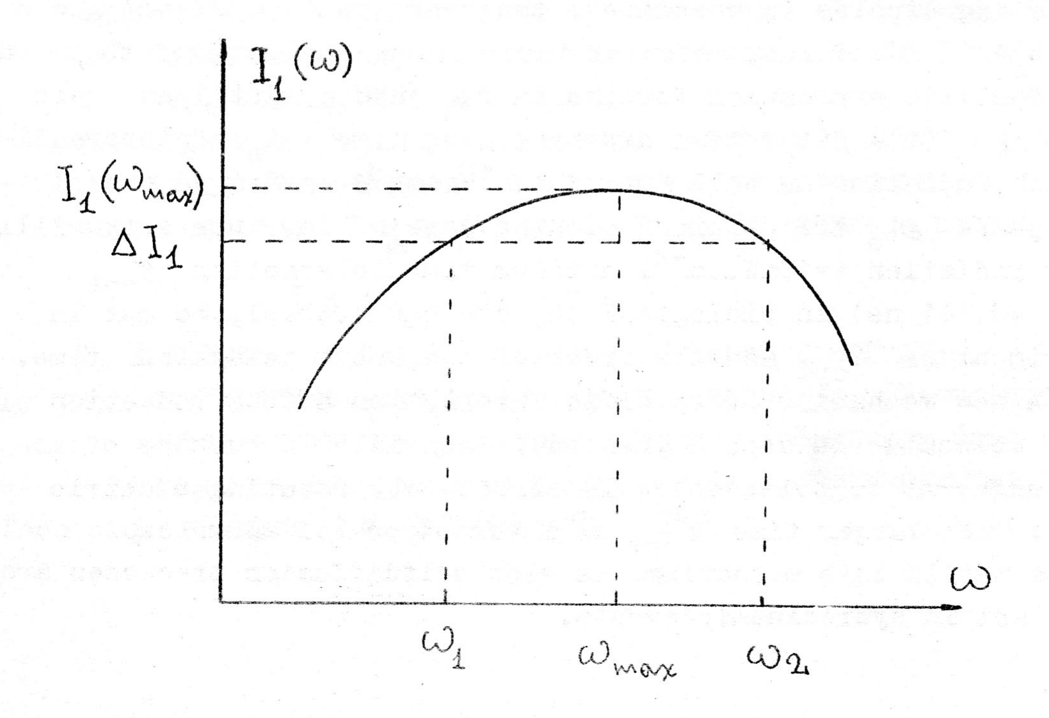


Рис. 1

Введение. Для биологических объектов характерны высокая чувствительность и избирательность (специфичность) реагирования на внешние воздействия. Примерами могут служить реакции сенсорных систем на специфические стимулы [1], а также отклик организмов на электромагнитное поле КВЧ [2]. Особенностью указанных систем является наличие порога возбудимости: для получения отклика в периферийных или центральных сенсорных структурах необходимо, чтобы интенсивность стимуляции превысила некоторую величину. Аналогичная ситуация наблюдается также для ЭМИ КВЧ.

При отсутствии шумов системы с порогом могут обладать произвольно высокой чувствительностью, т.к. не существует принципиальных ограничений на конструирование систем со сколь-угодно низким порогом. Избирательность в этом случае также может быть произвольно высокой. Действительно, пусть имеются стимулы одинаковой интенсивности I_0, но различной специфичности, характеризующейся параметром ω. Предположим, что первичный отклик на стимулы обладает некоторой избирательностью. Это означает, что интенсивность I_1 отклика первичной рецепции зависит от ω и имеет максимум при $\omega = \omega_{max}$ (см. Рис. 1). Обычно [1] для появления отклика на следующем уровне рецепции требуется, чтобы $I_1(\omega)$ превышала некоторый порог ΔI_1. Как видно из Рис. 1, при этом естественным образом возникает полоса пропускания $[\omega_1; \omega_2]$ ширина которой $B = \omega_2 - \omega_1$ может быть сделана сколь-угодно малой выбором значения ΔI_1 близким к $I_1(\omega_{max})$. В реальной ситуации наличие шумов не позволяет использовать системы с произвольно малыми порогами, т.к. при этом повышается вероятность спонтанных откликов при отсутствии внешнего стимула. При наличии шума реакция на внешний стимул состоит в повышении частоты откликов. Система, в ко торой частота откликов повышается значительно при действии слабого стимула, по сравнению с частотой откликов, вызванных только шумом, может считаться чувствительной. Из сказанного ясно, что исследование пределов чувствительности и избирательности в системах с порогом может быть адекватным при условии, что пороговый уровень и уровень шумов не задаются произвольно, а являются зависящими от структуры внутренними характеристиками системы.

Результаты и обсуждение. Ранее [3] в качестве примера системы с порогом была рассмотрена модельная химическая реакция с ав-

токатализом в проточном реакторе, часть молекул которого способна реагировать на внешний стимул. В системе возможны две различные устойчивые концентрации вещества X, включенного в автокаталитический цикл. Решающим для чувствительности и избирательности является объем когерентного реактора: максимальный объем, в котором невозможно одновременное сосуществование двух различных устойчивых концентраций. Если число рецепторных молекул в когерентном объеме обозначить через N^*, то полученное соотношение между функциями отклика отдельной рецепторной молекулы $\nu(\omega)$ и всей системы $\mu(\omega)$ имеет вид:

$$\mu(\omega) = (\nu(\omega))^{\alpha N^*} \tag{1}$$

где $\alpha \gg 1$. Оценки дают максимальное $N^* \sim 10^{15}$.

В работе [4] рассмотрена ситуация, когда участвующие в реакции рецепторные молекулы сорта C способны переходить из неактивной конформации $C^{\#}$ в активную C^* под действием тепловых шумов и/или под действием ЭМИ КВЧ.

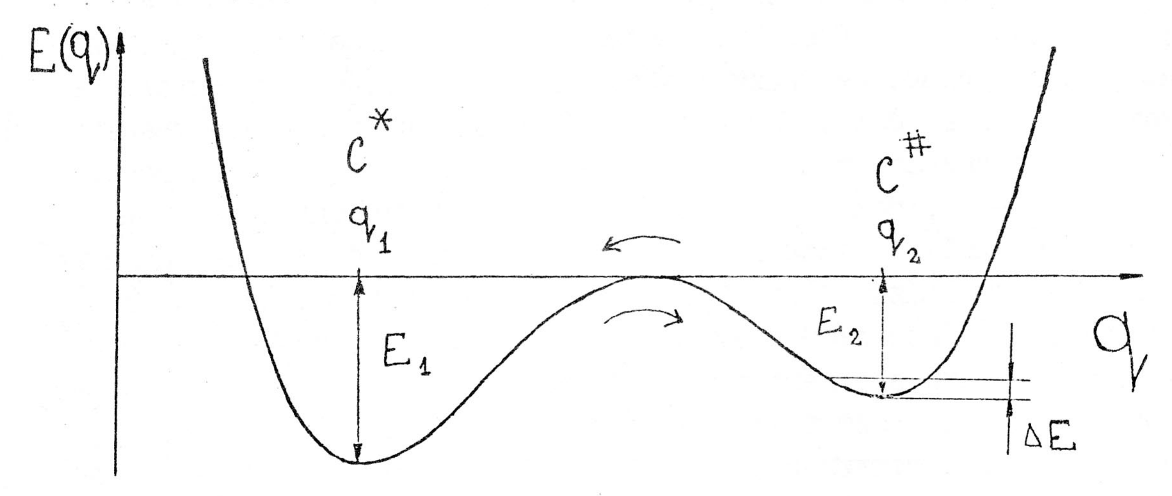


Рис. 2.

Предполагается, что добротность колебаний в яме q_2 мала: $Q = 1$. Рассмотрено поле частоты 1 ГГц при интенсивности $I = 1$ мВт/см^2. При этом дополнительная энергия ΔE, полученная от ЭМИ, весьма мала: $\Delta E/k_B T \sim 6\cdot 10^{-8}$ (при $T = 300$ K). Изменение концентрации ΔC^* также незначительно: $\Delta C^*/C^* \sim 4\cdot 10^{-8}$, однако среднее время $T_{1\to 3}$ ожидания переключения от устойчивой концентрации X_1 к

устойчивой концепнтрации X_3 в целом реакторе изменяется драматически:

$$\frac{T_{1\to 3}(I=0)}{T_{1\to 3}(I=1\ \text{мВт/см}^2)} \sim \exp(6\cdot 10^{10}).$$

Последнее соотношение показывает, что в кооперативной системе реальна ситуация, когда в отсутствие ЭМИ переключение под действием шумов невероятно, а при включении низкоинтенсивного (нетеплового) ЭМИ переключение происходит немедленно.

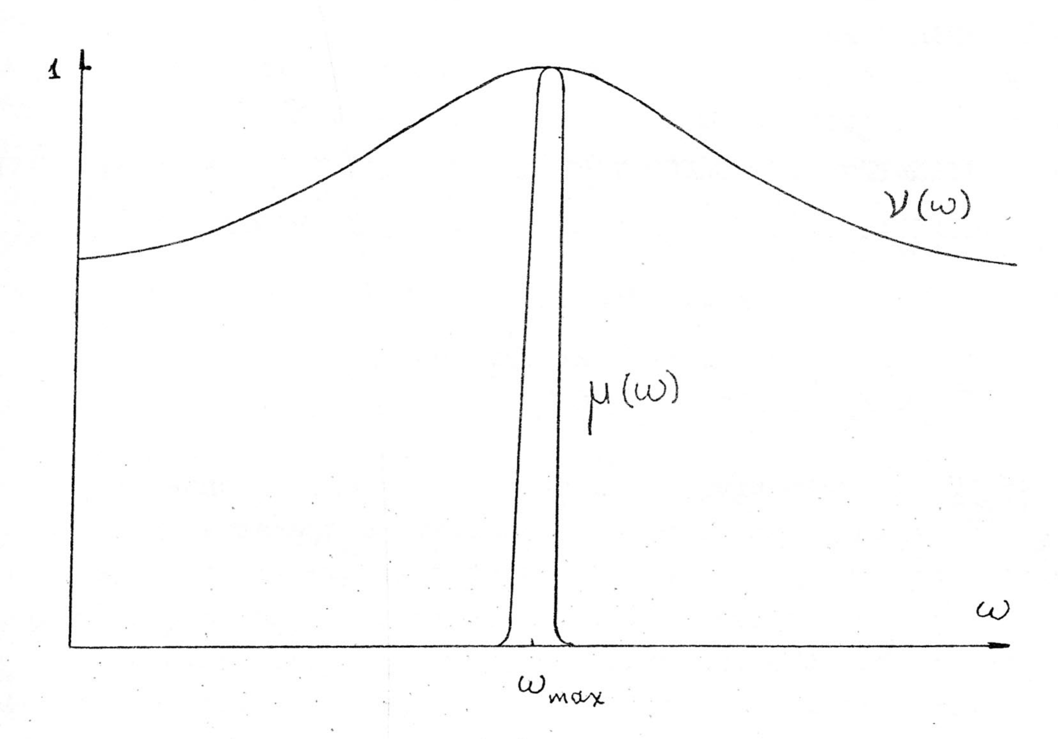


Рис. 3.

Из формулы (I) следует значительное повышение избирательности кооперативной системы (см. Рис. 3). Для рассмотренного примера избирательность $\mu(\omega)$ может быть охарактеризована кажущейся добротностью $Q = 20000$.

ЛИТЕРАТУРА

1 Тамар Г. Основы сенсорной физиологии. Мир, Москва, 1976.
2 Девятков Н.Д. и др. Научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР. УФН, 1973, т. 110, в. 3, с. 452-468.
3 Vidybida A.K. Selectivity and sensitivity of a bistable chemical system in the presence of thermal noise. Revue Romaine de Biochimie, 1991, N 2 (accepted).
4 Видыбида А.К. Избирательность и чувствительность кооперативной системы к КВЧ излучению при наличии теплового шума. ДАН СССР (представлено)

ESTIMATION OF SELECTIVITY AND SENSITIVITY FOR COOPERATIVE CHEMICAL SYSTEM TO EHF ELECTROMAGNETIC RADIATION

A.K.Vidybida

Institute for Theoretical Physics
252130 Kiev, Ukraine, USSR

Abstract. Selectivity and sensitivity of response in a system of primary receptors with positive cooperativity are considered. For a bistable chemical system as example it is established that cooperative system has selectivity and sensitivity much higher than the individual primary receptors do. The case when external influence is EHF EM field is spetially considered. It is established that if molecular oscillations has quality factor Q as law as Q = 1 the field with intensity I = 1 mW/cm^2 is able to elicit a pronounced response at the level of cooperative system. The response selectivity has apparent quality Q = 20000. Thermal noise at T = 300 K is taken into account.

Стационарные структуры и динамические свойства ленгмюровских пленок

Кислов В.В., Таранов И.В.
Институт радиотехники и электроники АН СССР, Москва, ГСП-3, I03907, пр. Маркса I8.

В работе приводятся результаты исследования мелкомасштабных стационарных структур в рамках дискретной модели монослоя [9]; исследуются динамические свойства ЛБ-монослоя при внешнем воздействии, обусловленном электромагнитными полями Приведены оценки параметров квантового "размывания" стационарных структур вследствие туннелирования молекул монослоя в состояние, соответствующее симметричной стационарной структуре, через потенциальный барьер, разделяющий эти две структуры.

I. Введение

Пленки Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ), представляющие собой моно(мульти)молекулярный слой органических молекул, являются уникальным физическим объектом с точки зрения возможных применений в микроэлектронике, биотехнологии, оптике и других областях [I-3]. В тоже время ленгмюровская пленка Y-типа, представляющая собой бислой органических молекул, ориентированных "хвостами" друг к другу, является естественной модельной системой для изучения свойств биологических мембран. Большие перспективы в плане практических приложений ЛБ-пленок вызывают растущий интерес как к экспериментальному, так и к теоретическому исследованию их фундаментальных физических свойств.

В ряде работ [4-6] приводятся экспериментальные данные, полученные с помощью рентгеновского анализа, исследований поверхностного потенциала и флюоресцентной микроскопии, по изучению крупномасштабных (с характерным размером много больше межмолекулярных расстояний, порядка микрон) доменных структур в ЛБ-пленках. В работе [4] обнаружены линейные пространственно периодические структуры с пространственным периодом около 220 Å в ленгмюровских пленках. В работах [8-I0] теоретически исследовались возможности образования подобных крупномасштабных

доменных структур в рамках континуальных моделей ЛБ-монослоя. Доменные структуры [4-6] представляют собой локализованные образования часто со сложной формой, обладающие большей плотностью молекул, чем междоменные фракции. Структуры в ленгмюровских пленках с пространствено переменной плотностью молекул характерны для относительно разреженных фаз монослоя, лежащих ниже LC-точки [8] фазового перехода. Выше LC-точки крупномасштабных доменных структур в ленгмюровских пленках не наблюдалось и монослой в этом случае представляет собой высокоупорядоченную кристаллическую структуру с равномерной плотностью молекул. В этой фазе (выше LC-точки) ЛБ-монослой может обладать мелкомасштабными структурами (т.е. такими, характерный размер которых равен нескольким межмолекулярным расстояниям). Такие структуры могут быть образованы вследствие "включения" поперечных к плоскости монослоя степеней свобод у молекул, т.е. если молекулы могут смещаться "вверх" и "вниз" по отношению к условной плоскости монослоя, образуя тем самым некоторую "смятую" конфигурацию монослоя.

В работах [9-II] сформулирована дискретная модель ЛБ-монослоя с учетом таких степеней свободы у молекул и исследованы возможные мелкомасштабные стационарные структуры в монослое.

В настоящей работе приводятся результаты исследования мелкомасштабных стационарных структур в рамках дискретной модели монослоя [9]; исследуются динамические свойства ЛБ-монослоя при внешнем воздействии, обусловленном электромагнитными полями или поверхностными акустическими волнами в подложке [I2].

Изучение динамики ленгмюровского монослоя представляет собой большой интерес с точки зрения понимания его физических свойств. Подвергая монослой воздействию и наблюдая отклик на него можно получить ценную информацию о его параметрах и свойствах. Исследованеие динамических режимов монослоя при воздействии на него переменных ЭМ полей может оказаться существенным для понимания механизмов воздействия КВЧ-излучения на биообъекты.

В настоящей работе приведены также оценки параметров квантового "размывания" стационарных структур типа [9-II] вследствие туннелирования молекул монослоя в состояние, соответствующее симметричной стационарной структуре, через потенциальный барьер, разделяющий эти две структуры. При

некоторых реалистических значениях параметров модели монослоя величина энергетического расщепления основного состояния, соответствующего стационарной структуре монослоя, за счет квантового туннельного эффекта оказывается лежащей в КВЧ диапазоне, что весьма существенно для понимания характера взаимодействия ЛБ-монослоя с КВЧ-полем.

Перейдем к описанию модели ленгмюровского монослоя.

I. Модель ЛБ-монослоя.

Молекула монослоя представляет собой длинный углеводородный "хвост" жестко связанный с "головой", которая обладает дипольным моментом $\bar{d}$. Будем считать, что ленгмюровский монослой образован набором молекул, каждая из которых обладает поперечной к условной плоскости монослоя степнью свободы. Поскольку мы рассматриваем высокоупорядоченную фазу монослоя (выше LC-точки фазового перехода), характеризующуюся однородной латеральной плотностью молекул, трансляционные в плоскости монослоя степени свобод у молекул мы не учитываем. В этом случае проекции молекул на плоскость монослоя образуют двумерную кристаллическую решетку (в дальнейшем будем рассматривать только гексагональную решетку). Положение проекции молекулы на плоскость монослоя будем описывать вектором $\bar{R}_{\bar{n}} = R\,(n_1\,\bar{e}_1 + n_2\,\bar{e}_2\,)$, где $\bar{e}_{1,2}$ - единичные базисные вектора, $\bar{n} = (n_1,\ n_2) = n_1\,\bar{e}_1 + n_2\,\bar{e}_2$ - двумерный целочисленный векторный индекс.

Поведение молекул монослоя определяется взаимодействием "хвоста" молекулы с поверхностью воды или подложки, описываемым эффективным упругим нелинейным потенциалом, зависящим от расстояния "хвоста" молекулы до поверхности подложки $\mathcal{X}$,:

$$U_{упр}\,(\mathcal{X}) = 1/2\ k_0\ \mathcal{X}_0^2\ (exp(\mathcal{X}^2/\mathcal{X}_0^2) - 1), \qquad (I)$$

где k_0 - коэффициент линейной жесткости, $\mathcal{X}_0$ - порог нелинейности и диполь-дипольным взаимодействием каждой молекулы со всеми остальными. Диполь-дипольное взаимодействие $\bar{n}$-той молекулы с

$\bar{m}$-той описывается потенциалом:

$$U_{дип}(R_{\bar{n},\bar{m}}, \varphi_{\bar{n}}, \varphi_{\bar{m}}) =$$

$$= (\bar{d}_{\bar{n}}\, \bar{d}_{\bar{m}})\, R^{-3}_{\bar{n},\bar{m}} - 3\,(\bar{d}_{\bar{n}}\, \bar{R}_{\bar{n},\bar{m}})(\bar{d}_{\bar{n}}\, \bar{R}_{\bar{n},\bar{m}}) R^{-5}_{\bar{n},\bar{m}}, \quad (2)$$

где $\bar{d}_{\bar{n}}$ – дипольный момент "головы" $\bar{n}$-той молекулы с декартовыми координатами $\bar{d}_{\bar{n}} = d\,\{cos(\varphi_{\bar{n}})\, sin\,\theta,\ sin(\varphi_{\bar{m}})\, sin\,\theta,\ cos\,\theta\}$, угол θ отсчитывается от нормали к плоскости монослоя, $\varphi_{\bar{n}}$ – азимутальный угол в плоскости монослоя, d – величина дипольного момента, одинаковая для всех молекул монослоя, $R_{\bar{n},\bar{m}}$ – расстояние между "головами" $\bar{n}$-той и $\bar{m}$-той молекул. Мы предполагаем, что диполь "головы" молекулы является точечным, а угол θ одинаков для всех молекул, в то время как углы $\varphi_{\bar{n}}$ являются независимыми степенями свободы для каждой молекулы.

В дальнейшем удобно перейти к безразмерным переменным и параметрам и в их терминах записать систему уравнений движения. Введем характерный масштаб времени

$$\tau_0 = d^{-1}\, M^{1/2}\, R^{5/2}, \quad (3)$$

и безразмерные переменные

$$z_{\bar{n}} = R^{-1} x_{\bar{n}}\ ,\ \varphi_{\bar{n}},\ t = \tau/\tau_0$$

и запишем систему уравнений движения

$$\begin{aligned} &\ddot{z}_{\bar{n}} + \gamma_1 \dot{z}_{\bar{n}} + a z_{\bar{n}} \exp(b z_{\bar{n}}^2) + \frac{\partial u_{\bar{n}}}{\partial z_{\bar{n}}} = F_{\bar{n}} \\ &\ddot{\varphi}_{\bar{n}} + \gamma_2 \dot{\varphi}_{\bar{n}} + \sigma \frac{\partial u_{\bar{n}}}{\partial \varphi_{\bar{n}}} = g_{\bar{n}}\ , \end{aligned} \quad (4)$$

где $u_{\bar{n}} = d^{-2} R^3 \sum_{\bar{n}\neq\bar{m}} U_{дип}(R_{\bar{n},\bar{m}}, \varphi_{\bar{n}}, \varphi_{\bar{m}})$ – безразмерный потенциал диполь-дипольного взаимодействия, M – масса молекулы, $\gamma_{1,2}$ – безразмерные коэффициенты затухания, $\sigma = L^{-1}M R^2$, $a = k_0 d^{-2}R^5$. Правые части в (4) описывают внешнее воздействие, точка "·" означает дифференцирование по t.

2. Стационарные структуры.

Стационарные структуры ленгмюровского монослоя без учета ориентационной тепени свободы, связанной с вращением дипольного момента в плоскости монослоя рассматривались в [10]. Гексагональная решетка соответствует условию на базисные вектора $(\bar{e}_1 \bar{e}_2) = -1/2$. С помощью метода молекулярной динамики для системы уравнений (4) были найдены пространствено периодические структуры типа (N_1, N_2), т.е. структуры с пространственными периодами $N_{1,2}$ вдоль двух базисных векторов. Простейшей структурой данного класса является квазиодномерная (1,2)-структура

$$\hat{z}_{\bar{n}} = (-1)^{n_2} z \tag{5}$$

возникающая при условии $a \cos^{-2}\theta < a_{cr}$, z – амплитуда стационарной структуры.

Более сложными найденными в [10] являются (3, 3)-структуры:

$$\hat{z}_{\bar{n}} = \frac{2z}{3^{1/2}} \sin\{2\pi/3(n_1 + n_2)\}, \tag{6}$$

$$\hat{z}_{\bar{n}} = 1/3(1-2\mu) + 2/3\,(1 + \mu)\, z \cos\{2\pi/3(n_1 + n_2)\}, \tag{7}$$

где z, μ определяются амплитудных уравнений, получаемых при подстановке (6, 7) в (4). Структура (6) устойчива при малых значениях параметра нелинейности $b < b_{cr}(a, \theta)$, в противополжном случае решение (6) теряет устойчивость, которая переходитк структуре (7), ранее неустойчивому.

Множество стационарных структур не исчерпывается тремя приведенными примерами. Наряду сними существует достаточно богатое семейство стационарных структур нерегулярного типа, в том числе доменного типа. При больших значениях a существует только одна устойчивая тривиальнвя структура $\hat{z}_{\bar{n}} = 0$.

Наличие вращательных степеней свобод у дипольного момента "головы" молекулы было учтено в [II]. Этот случай отличается большим разнообразием нерегулярных структур, аналитическое описание их затруднено. Наиболее простые случаи – это (I,2)- и (I,6)-структуры:

$$\hat{z}_{\bar{n}} = (-1)^{n_2} z, \; \varphi_{\bar{n}} = \pi/2\, [1 - (-1)^{n_2}], \tag{8}$$

$$\hat{z}_{\bar{n}} = 0, \; \varphi_{\bar{n}} = \pi/2\, \mu_{n_2}, \tag{9}$$

где $1/3\, [(-1)^{l} - 4 \cos\pi/3(l-2)] = \begin{cases} 1, & l = 0,1,2 \pmod 6) \\ -1, & l = 3,4,5 \pmod 6) \end{cases}$

На этом мы заканчиваем обсуждение стационарных структур и обратимся к вопросам, связанным с изучением динамики монослоя при внешнем воздействии, рассматривавшимся в [I2].

3. Динамика монослоя при внешнем воздействии.

Динамика монослоя при внешнем гамоническом воздействии (к числу таких воздействи можно отнести электромагнитное или воздействие, обусловленное взаимодействием монослоя с поверхностными акустическими волнами в подложке) описывается уравнением (4) с правой частью вида

$$F(n,\; t) = f \cos(2\pi\nu t) \tag{I0}$$

где f, ν – амплитуда и частота внешнего воздействия – параметры данной модели. Будем рассматривать случай пространственно немодулированного воздействия, т.е. когда F не зависит от номера молекулы, что отвечает случаю КВЧ-воздействия. Ограничимся случаем квазиодномерности, т.е. (I,N)-структурами такими при которых свойства монослоя изменяются только вдоль одного

направления, определяемого одним базисным вектором.

Динамика монослоя может носить как регулярный так и хаотический характер. Критерием стохастичности движени служит положительность показателя Ляпунова [13, 14], которые определяются при помощи соотношения

$$\sigma = \overline{\lim_{t \to +\infty}}\ t^{-1} \ln(d(t)/d(0)), \qquad (11)$$

где

$$d(t) = \{ \sum_{n=1}^{N} [\omega_n^2(t) + \dot{\omega}_n^2(t)] \}^{1/2}, \qquad (12)$$

а функции $\omega_n(t)$ в (1.7) удовлетворяют системе линейных дифференциальных уравнений второго порядка (см. [12]), являющихся линеаризацией системы (4) на фоне некоторого точного решения (4).

Рассмотрим сначала случай $\gamma = 1$, $a = 50$, который соответствует устойчивому стационарному состоянию (5) при $z = 0.154$. Правая часть F описывает внешнюю гармоническую силу с амплитудой f, не зависящей от номера молекулы n, что отвечает длинноволновому воздействию в пределе, когда длина волны оказывается бесконечной. Поэтому следует ожидать, что максимальная чувствительнось монослоя имеет место в окрестности собственной частоты нулевой моды колебаний (бесконечная длина волны)

$$\nu_0 = 1/2\pi\ [a(1 + 2bz^2)\exp(bz^2)]^{1/2}, \qquad (13)$$

которая в данном случае равна $\nu_0 = 1.287$.

Для значения частоты $\nu = 1.3$ внешнего воздействия хаотическое движение наблюдается при $2.5 \le f \le 6$, а для значения $\nu = 0.5$ - при $8 \le f \le 10$.

С увеличением затухания γ область хаотического движения (f, ν) сужается и при $\gamma > 2$ полностью исчезает. При достаточно малых γ хаотическое движение наблюдается в весьма широком диапазоне частот γ и амплитуд f внешнего воздействия.

Положим теперь $\gamma = 0.5$, $a = 100$. Тогда, если внешнее воздействие отсутствует ($f = 0$), то монослой обладает единственным тривиальным устойчивым состоянием равновесия и характеризуется собственной частотой нулевой моды колебаний

$$\nu_0 = 1/2\pi\, a^{1/2} \cong 1.592. \qquad (14)$$

Так же как и в предыдущем случае, выбирая значение $\nu = 1.6$ вблизи собственной частоты ν_0 и задавая амплитуду f внешнего воздействия в промежутке $2.5 \le f \le 8$, мы оказываемся в области хаотического движения молекул монослоя $(\tau = 0.01)$. Проведенные нами расчеты позволяет высказать предположение о том, что множество точек динамического хаоса в первом квадранте плоскости (f,ν) является ограниченным и имеет тенденцию локализоваться в некоторой окрестности собственной частоты ν_0. Для тяжелых молекул $(M \simeq 10^3)$ с небольшим дипольным моментом $(d < 1\ D)$ эта частота оказывается в КВЧ диапазоне.

4. Туннельный эффект в ЛБ-монослое.

Обратимся теперь к вопросу квантовом туннелировании молекул через эффективный потенциальный барьер, образующийся при отклонении молекул монослоя от устойчивых стационарных структур, которые реализуют собой локальный минимум удельной потенциальной энергии.

Удельная энергия молекул монослоя можетбыть представлена следующим образом:

$$H_{\bar{n}} = M/2\ (\dot{z}_{\bar{n}})^2 + \sum_{\bar{l}} U(z_{\bar{n}} - z_{\bar{n}-\bar{l}}), \qquad (15)$$

где $U(z_{\bar{n}} - z_{\bar{n}-\bar{l}})$ – сумма диполь-дипольного (2) и упругого (1) потенциалов. Стационарные структуры (5-7) реализуют локальный минимум гамильтониана (15), в тоже время значение (15) не меняется при замене амплитуды структур (5,6) z на $-z$.

Введем коллективную степень свободы z молекул монослоя, описывающую величину амплитуды стационарной структуры с помощью соотношения

$$z_{\bar{n}} = z(t)\ Z_{\bar{n}}, \qquad (16)$$

где $Z_{\bar{n}}$ – функция дискретной переменнй, описывающая конфигурацию стационарной структуры. Подставляя (16) в (15), для для величины

энергии, усредненной по элементарной ячейке, образованной стационарной структурой, $H = 1/N \sum_{\bar{n}\in S} H_{\bar{n}}$, где S – элеметарная ячейка, N – число молекул в элеметарной ячейке, получаем выражение

$$H = \mu/2\ (\dot{z})^2 + V(z) \qquad (17)$$

где $\mu = M/N \sum_{\bar{n}\in S} (Z_{\bar{n}})^2$ – эффективная масса,

$V(z) = \sum_{\bar{n}\in S} \sum_{\bar{l}} U(z_{\bar{n}} - z_{\bar{n}-\bar{l}})$ – эффективный потенциал.

Заменяя $\mu\dot{z}$ на $ic/\hbar\partial/\partial z$, приходим к нестационарному уравнению Шредингера с симметричным двухъямным потенциалом $V(z)$. Используя квазиклассические методы [15] для величины расщепления основного состояния $\Delta\varepsilon$ получаем выражение

$$\Delta\varepsilon \approx \varepsilon_0\ exp(- \frac{z_0(\mu\Delta V)^{1/2}}{\hbar}) \qquad (18)$$

где ε_0 – энергия основного состояния, $\Delta V = V(0)-V(z_0)$ – величина барьера. Для значений параметров $z_0 < 1\ A$, $d \approx 1\ D$, $R \approx 5\ A$ величина $\Delta\varepsilon/\varepsilon_0 \approx 10^{-1} \div 10^{-2}$. Величина расщепления основного состояния, соответствующего стационарной структуре, существенно меньше энергии основного уровня и при некоторых реалистических значениях параметров модели [16] оказывается в КВЧ диапазоне. Таким образом, при данных значениях параметров стационарная структура монослоя оказывается устойчивой по отношению к туннелированию молекул, а воздействие КВЧ-поля на монослой может быть связано с туннельным эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов Л.М. // Успехи физических наук. -1988.-т. 155. -с. 443-480.
2. Kuhn H. // Proc. of Intern. Simposium on Future Electronic Devices.- Tokio.-1985. p.1.
3. Roberts G.G. // Adv. Phys.- 1985.-v.35.-p. 475.
4. Peters R., Beck K. //Proc. Natl. Acad. Sci. USA. -1983.-v.80, p.7183.

5. Losche M., Mohwald H. // Rev. Sci. Instrum. -1984.-v.55, p. 1968.
6. Weiss R.M., McConnell R.M. // Nature (Lond.), 1984,-v. 310,-p. 5972.
7. Zasadzinski J.A.N., Schneider M.B. // J. Phys. -1987, -v. 48, -p.2001.
8. Cadenhead D.A., Muller-Landau F., Kellner B.M.J. // in "Ordering in Two Dimensions", Elsevier Biomedical Press, Amsterdam (1980).
9. Кислов В.В., Криксин Ю.А. // Математическое моделирование, -I990, -т. 2, № 4,-с. 39-53.
I0. Кислов В.В., Криксин Ю.А. // Математическое моделирование, -I990, -т. 2, № I, -с. 3-43.
II. Агаян В.М., Кислов В.В., Криксин Ю.А. // Математическое моделирование, -I990, -т. 2, № 5, -с. I8-27.
I2. Кислов В.В., Криксин Ю.А., Таранов И.В. // Математическое моделирование, -I99I, в печати.
I3. Былов Б.Ф., Виноград Р.Э., Гробман Д.М., Немыцкий В.В.Теория показателей Ляпунова и ее приложения к вопросам устойчивости.-М.: Наука.-I966.
I4. Либерман М., Лихтенберг А. Регулярная и стохастическая динамика.-М.: Мир.-I984.
I5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). М. Физматгиз, -I963.
I6. Каплан И.Г. Введение в теорию межмолекулярных взаимодействий. М. Наука.-I982.

Stationary structures and dynamical property of Langmuir's monolayer

Kislov V.V., Taranov I.V.

Institute of Radioengineering and Electronics USSR Academy of Sciences, 103907, Moscow, K.Marx avenue, 18.

ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНСКОГО МЕТОДА ПО СРАВНЕНИЮ С БИОЛОГИЧЕСКИМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕГО РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ

Ю.П.Чукова
Москва,123242, ул. Малая Грузинская 6 - 42.

Реферат. Термодинамическим методом показано, что при изучении воздействия радиоволн на живой организм медицинские методы исследования всегда будут более результативными, чем биологические вследствие своеобразия характеристик эндоэргонических процессов в радиочастотной области.

Введение. В последние десятилетия очень активно развивается термодинамический метод исследования процессов преобразования энергии электромагнитного излучения в свободную энергию систем, поглощающих это излучение / 1,2 /. Такие процессы называются эндоэргоническими, если свободная энергия системы возрастает, и экзоэргоническими, если свободная энергия системы убывает. Основная рассматриваемая величина в таких процессах - коэффициент полезного действия, КПД η , определяемый как

$$\eta \equiv (F_n - F_p)/W_a,$$

где F_p - свободная энергия реагентов, подводимых к системе, F_n - свободная энергия продуктов, отводимых от системы, W_a - энергия электромагнитного излучения, поглощенная системой. Это соотношение может быть записано и через потоки энергии.

Термодинамическое рассмотрение открытых систем, каковыми вследствие метаболизма являются все живые организмы, позволяет установить следующую связь КПД с другими параметрами

$$\eta = 1 - T(\dot{S}_a + \dot{S}_i)/\dot{W}_a,$$

где точка над величиной означает производную по времени, $\dot{S}_a$ - поток энтропии поглощенного системой излучения, $\dot{S}_i$ - скорость генерации энтропии в системе вследствие необратимости протекающих процессов, T - температура окружающей среды, с которой система находится в тепловом контакте.

Рассмотрение этого соотношения для различных конкретных случаев позволило внести ясность во многие проблемы и ответить

на вопросы, не имевшие однозначного ответа.
Результативность и полезность этого метода была продемонстрирована на целом ряде примеров из области солнечной энергетики, фотосинтеза растений, фотодвижения простейших организмов и зрения человека / 3-5 /, что стало возможным благодаря большой общности установленных закономерностей, которым подчиняются не только явления, протекающие под действием видимого света, но и явления, характерные для других участков спектра, в том числе и для радиоволн.

Результаты и обсуждение. Рассмотрение закономерностей эндоэргонических процессов, протекающих под действием радиоизлучения, позволило выявить ряд принципиальных особенностей этого диапазона длин волн / 6 /. Пороговый характер эндоэргонических процессов является неотъемлемой чертой для любого диапазона длин волн, но особенно ярко выявляется в процессах под действием радиоизлучения, что зафиксировано во многих экспериментах на молекулярном, системном и организменном уровнях.

В отличие от видимого диапазона, где КПД с увеличением интенсивности поглощенного света растет по логарифмическому закону, в радиодиапазоне эта зависимость столь сильна, что при изменении интенсивности поглощенного излучения на два порядка КПД изменяется от нуля до максимальной величины / 7 /. Это создает совсем особую ситуацию при изучении воздействия радиоволн на живой организм. Ее иллюстрирует рис. 1, на котором отчетливо видны три области. Заштрихована область, где эндоэргонические процессы не протекают, и идут лишь экзоэргонические процессы. К ней примыкает узкая область, где КПД эндоэргонических процессов резко возрастает. Линии 1 - 4 равного значения КПД проведены для следующих значений КПД: 0; 0,6; 0,9; 0,99. Верхняя полуплоскость - это область, где эндоэргонические процессы протекают с КПД равным единице.

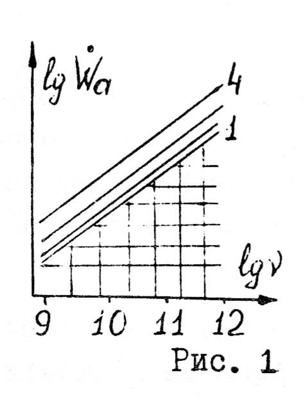


Рис. 1

Итак, отличие радиодиапазона заключается в том, что для него типично отсутствие зависимости величины эффекта от величины интенсивности воздействующего из-

лучения, и лишь в узком диапазоне $\dot{W}_a$ / около двух порядков величины / ее можно наблюдать в эксперименте.

Выявлена еще одна особенность процессов под действием радиоизлучения, которая позволяет понять, почему в этом диапазоне медицинские эксперименты оказались более результативными, чем биологические. На рис.2 представлена зависимость КПД от величины $\dot{W}_a$. Кривая 1 дает зависимость предельного КПД, соответствующего условию $\dot{S}_i = 0$. Для необратимых процессов $\dot{S}_i \neq 0$, и кривая окажется сдвинутой вправо на величину, пропорциональную $\dot{S}_i$. Это будет кривая 2. Скорость генерации энтропии, как было показано ранее / 1,4 / для разных процессов имеет существенно различные значения, и это различие измеряется порядками.

Для определенного процесса воздействия ЭМИ на живой организм величина $\dot{S}_i$ изменяется при переходе от одного индивидуума к другому. Эти изменения менее существенные, однако они имеют решающее значение при биологических экспериментах. Предположим эксперимент ставится на выборке из сотни особей. Для каждой особи мы получим кривую типа 1, но сдвинутую вправо на значение строго определенное для каждой особи, так что порог эндоэргонического процесса будет лежать при своем индивидуальном значении $\dot{W}_a$. Пусть вертикальный пунктир ограничивает тот диапазон значений $\dot{W}_a$, на котором расположены пороговые значения всех ста особей выборки.

Обрабатывая результаты общепринятыми методами статистической физики, мы при любом конкретном значении $\dot{W}_a$ внешнего поля будем иметь в рассматриваемой выборке особи, в которых протекают как эндоэргонические процессы, так и экзоэргонические, уже не говоря о том, что величина эффекта того или иного знака / эндоэргонический или экзоэргонический / будет у разных особей совершенно разной. При усреднении может получиться любой результат, в том числе и ну-

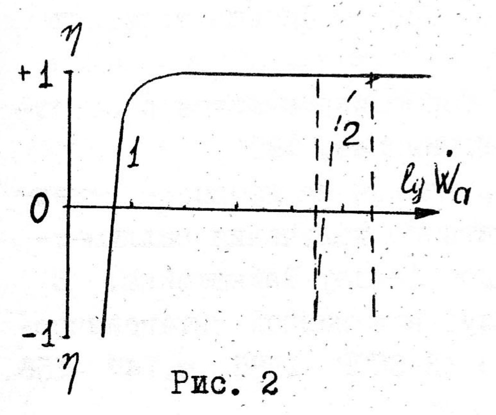


Рис. 2

левой, т.е. отсутствие эффекта воздействия излучения, хотя на каждом индивидуальном объекте эффект воздействия ЭМИ может быть виден вполне отчетливо.

При постановке медицинских экспериментов эффект усреднения отсутствует. Именно это является причиной более высокой результативности медицинского эксперимента по сравнению с биологическим. Второй причиной, повышающей результативность медицинского эксперимента является возможность, опираясь на ощущения человека, отделить для каждого больного область эндоэргонических эффектов от области экзоэргонических эффектов. И хотя под таким углом зрения медицинские эксперименты обычно не рассматриваются, но фактическая ситуация разделения эффектов противоположного знака имеет место, что важно с точки зрения эффективности лечения.

Все вышеизложенное справедливо лишь для нетепловых эффектов радиоволн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чукова Ю.П. Диссипативные функции процессов взаимодействия электромагнитного излучения с биологическими объектами.- Биофизика, 1989, т.34, № 5, с. 898-900.
2. Чукова Ю.П. Эффективная температура неравновесного излучения и основной термодинамический запрет на протекание эндоэргонических реакций.- Журнал физической химии, 1990, т.64, № 1, с. 28 - 33.
3. Чукова Ю.П. О спектральной чувствительности глаза человека.- Доклады АН СССР, 1988, т.300, № 2, с. 504 - 507.
4. Чукова Ю.П. Термодинамический подход к рассмотрению эффекта Пуркине и родственных ему явлений.- Успехи физиологических наук, 1990, т.21, №4, с.123 - 137.
5. Чукова Ю.П. Неожиданное родство / Термодинамическое рассмотрение некоторых фотопроцессов /. М.: Знание, 1991.
6. Чукова Ю.П. Термодинамические ограничения на процессы нетеплового преобразования электромагнитного излучения миллиметрового диапазона, полученные методом Ландау-Вайнштейна. В сб. "Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине." М.: ИРЭ АН СССР, 1985, с.147 -156.

7. Чукова Ю.П. Скорость генерации энтропии как показатель взаимодействия электромагнитных полей с биосистемами и термодинамические запреты на протекание эндоэргонических реакций. В сб. "Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения." М., ИРЭ АН СССР, 1987, с. 202 - 206.
8. Чукова Ю.П. Особенности биоответа при воздействии электромагнитного излучения радиодиапазона.- Доклады АН СССР, 1990, т. 311, № 2, с. 506 - 508.

ESSENTIAL SINGULARITY OF THE MEDICAL METHOD IN COMPARISON WITH THE BIOLOGICAL ONE WHICH DETERMINE ITS GOOD RESULTS

Yu.P. Chukova
Moscow, 123242, Malaya Gruzinskaya 6 - 42.

The electromagnetic radiation excites the processes of the two type: endoergonic and exoergonic. The endoergonic process has as a result of the increase of the chemical free-energy. Both processes require the isothermality. On the axis of the electromagnetic intensity there is a point, where the efficiency of both processes is equal to zero. This point is called the threshold. The rate of entropy production $\dot{S}_i$ determines the position of this threshold. Each organism has its own $\dot{S}_i$ and its individual threshold.

Not far from the threshold there is the region, where the dependence of the value of both effects from the intensity of the electromagnetic radiation is very strong. This two factors are the reasons of the poor repetition of the biological results as the assembly average may be any value including zero.

The medical method don't require this operation and its results are repeated more.

THEORETICAL ANALYSIS OF GENERATING ACOUSTIC SIGNAL BASED ON ELECTRIC FIELD STRESS FOR MICROWAVE AUDITORY EFFECTS

Niu zhong–qi
Electromagnetic Field Engineering Department
Xidian University, Xian, China

Abstract. In mechanisms of generating acoustic signals of microwave–induced auditory effects, an additional theory based on electric field stress exered on the boundary surfaces between skin and bone and between brain and bone of human or animal head due to non–uniformity and deformation in boundary layer is advanced in this paper. Acoustic signals are generated following the stress. The study indicats that acoustic signals generated by the electric field stress in bone of head became less and one generated in brain result from the stress difference on two boundary surfaces of bone become greater when microwave frequencies change from lower to millimeter–wave band.

Introduction. In studying mechanisms of generating acoustic signals of microwave–induced auditory effects, the theories of thermal expansion at lower frequencies [1] and that of both electrostriction and thermal expansion at millimeter–wave band [2] have been reported. The theory based on electric field stress exerted on boundary surface between various kind of dielectric is advanced in this paper. When head of human or animal is exposed by microwave, the stress exerted on the boundary surface between skin and bone and one between brain and bone due to electric field force is produced, which results from both dielectric non–uniformity and deformation engendered by electric field force in boundary layer. The expression of the stress can be written as

$$p_n = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)\left(E_t^2 + \frac{D_n^2}{\varepsilon_1 \varepsilon_2}\right) + \frac{1}{2}\left(E_1^2 \tau_1 \frac{\partial \varepsilon_1}{\partial \tau_1} - E_2^2 \tau_2 \frac{\partial \varepsilon_2}{\partial \tau_2}\right)$$

Where ε_1 and ε_2 are the permittivities of the tissues situated in two sides of boundary surface respectively, τ_1 and τ_2 are mass densities of the tissures respectively, E_1 and E_2 are the electric field intensities in the tissures respectively, E_t is the tangential field intensity and D_n is the normal dielectric flux density near the boundary surface. The stress is in the direction from greater permittivity tissue to less one.

Results and discussion. The study based on above theory indicats that, (1) Because the permittivity of bone is less than that of skin and brain, the pressure associated with microwave parameters exerted on bone from skin and brain is produced. Acoustic signals are generated following this pressure, and because the higher the frequency, the less the permittivity difference between bone and skin and between bone and brain, the acoustic signals become less when microwave frequencies change from lower to millimeter–wave band. (2) Because the pressure on boundary surface between bone and skin is larger than that between bone and brain, the pressure difference between the surface and another surface of bone is produced. Acoustic signals are generated following this pressure difference, and because the higher the frequency, the larger the difference of electric field intensities at two boundary surfaces of bone, the acoustic signals become greater when microwave frequencies change from lower to millimeter–wave band.

REFERENCES

1. D. E. Borth and C. A. cain, Theoretical Analysis of Acaustic signal Generation in Materials Irradiated with Microwave Energy, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. MTT–25, pp. 944–954, 1977.

2. O. P. Gandhi and Abbasriazi, Absorption of Millimeter waves by Human Beings and Biological Implications, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. MTT–34, pp.228–235, 1986.

ДИАЛЕКТИКА СЛАБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

И.А.Веселаго, М.З.Левина
Временный научный коллектив "КВЧ"
Биологический факультет МГУ

Реферат. В экспериментах по воздействию КВЧ-облучения низкой интенсивности на клеточные культуры /одноклеточные водоросли и простейшие/ нами получены результаты неоднозначного реагирования культур клеток на этот фактор. Мы наблюдали при одном и том же качестве воздействия стимуляцию роста культуры, ингибирование роста и отсутствие изменений. Настоящая работа посвящена выявлению механизмов и закономерностей реагирования системы на КВЧ-воздействие.

Теоретическая модель, результаты и обсуждение. Общепринято, что весь диапазон воздействий, на который способна отвечать биосистема, характеризуется ее нормой реагирования. В норме реагирования выделяют два порога - порог чувствительности и порог устойчивости. Порог чувствительности определяет сигнал, способный вызвать первый ответ системы. Порог устойчивости определяет воздействия, вызывающие разрушение и гибель системы. Воздействия, группирующиеся вблизи порога чувствительности, называют слабыми, не превышающие границы устойчивости - сильными, а за порогом устойчивости - токсическими, шоковыми.

В последнее время слабые воздействия на биологические системы и, в частности, на организм человека, привлекают особое внимание исследователей. Это связано с тем, что появляется все больше достоверных данных, указывающих на значительную роль этих воздействий в организации поведения, памяти и восстановительных процессов.

Принятое деление воздействий на слабые и сильные не соответствует современным требованиям, поскольку мало соотносится с внутренними перестройками биообъекта. Ответ системы на воздействие является результатом сложных системных преобразований. Поэтому мы предлагаем классификацию воздействий, основанную на анализе системных изменений, вызванных ими.

Мы неоднократно писали о том, что функциональные и структурные изменения биосистемы взаимосвязаны по принципу триады. В свое время мы показали, что существуют три возможности соотношения "субстрат-функция". Во-первых, это наличие в морфосубстрате блока, реагирующего определенным образом на определенный сигнал. Это так называемое "жесткое" реагирование по типу "сигнал-ответ". Функция такого блока однозначно определена его субстратом, и они с точки зрения реакции на сигнал не отделимы друг от друга. Сигнал является пусковым, функция всегда одинакова. В нервных процессах такую реакцию называют безусловной.

Описанное соотношение функции и субстрата с определенных позиций является оптимальным. Биосистема, имеющая такой блок, всегда в кратчайший срок адекватно реагирует на сигнал. Множество таких блоков дает возможность ответа на достаточно широкий спектр сигналов. Однако, как нетрудно видеть, даже большой набор блоков не может обеспечить биосистеме пластичности, которая заключается в возможности формирования нового целостного блока для ответа на такой сигнал, которого раньше не было, и стандартной реакции на который не существует.

Таким образом, второй тип соотношения субстрата и функции - это функциональное объединение блоков, создающее возможность протекания процесса и получения результата (реакции) в ответ на поступивший комплексный сигнал. Сигнал здесь в отличие от первого случая, играет не пусковую, а активирующую роль. Поскольку, как уже отмечалось, готового блока, дающего однозначный ответ на сигнал нет, составные части сигнала активируют определенные блоки и создают функциональный комплекс. Необходимо отметить, что между блоками комплекса возникает направленное взаимодействие (алгоритм). На поступивший сигнал отвечает не отдельный блок, а новая целостная организация - комплекс блоков.

И третий тип соотношения субстрата и функции - это наличие в морфоструктуре стабильной конструкции из блоков и связей. Пластичность функции (реакции на сигнал) обеспечивается за счет "выбора пути" в структуре и протекания процесса в соот-

ветствии с возникающим алгоритмом. Сигнал при этом меняет внутренний диффузный компонент биосистемы (активатор), за счет чего и возникает направленное взаимодействие блоков.

Исходя из описанных принципов соотношения субстрата и функции, лежащих в основе организации биосистемы, сигналы внешней среды мы делим на следующие типы:

I) адекватные сигналы, для ответа на которые имеются готовые блоки-программы, то есть осуществляется реакция по принципу "сигнал-ответ";

2) слабые сигналы, для ответа на которые необходимы функциональные перестройки, начинающиеся селекцией блоков и заканчивающиеся образованием комплексов блоков;

3) сильные сигналы при пролонгированном действии которых формируются новые морфосубстратные блоки.

Поскольку при взаимодействии со средой происходит постоянная реорганизация системы, т.е. идет постоянный переход функции в субстрат и субстрата в новое функционирование, образуются новые блоки, изменяется активатор, возникают новые комплексы программ, постольку значение сигнала может изменяться.

Формирование нового блока происходит в два этапа. На первом этапе устанавливаются новые функциональные взаимосвязи между уже существующими блоками, на втором - эти функциональные связи структурно закрепляются. Этот процесс происходит под действием внешних факторов, вызывающих системогенез. Мы не рассматриваем те воздействия, которые приводят к непосредственному изменению структуры биосистемы без функциональной реаорганизации.

Совершенно очевидно, что воздействия, для ответа на которые биосистема имеет готовые блоки, требуют минимального времени, так как не вызывают системных перестроек.

Сложнее обстоит дело, когда начинаются функциональные перестройки. В этом случае время воздействия должно быть соизмеримо с длительностью функциональных перестроек.

Для установления структурных взаимосвязей на основе функциональных взаимодействия: т.е. для наиболее существенных изменений в системе, ведущих к образованию нового системного

блока, крайне важно, чтобы воздействия, вызывающие перестройки, по времени были соизмеримы со временем, необходимым для структурных перестроек. Оно значительно превышает время функциональных перестроек. Если это условие не будет выполнено, то не закрепленные функциональные связи могут быть разрушены новым внешним сигналом.

Заканчивается процесс внутрисистемных перестроек под действием внешнего фактора образованием нового структурного блока. Система приобретает способность адекватного реагирования на приходящий сигнал. Таким образом, слабый сигнал, вызывающий функциональные перестройки при пролонгированном действии переходит в сильный, приводящий к структурным изменениям. Созданием нового блока завершается эволюция воздействия относительно данного биологического объекта - от слабого через сильное к адекватному. Адекватность воздействия относительно биосистемы одного биологического уровня, например, клетки, не означает, что это значение сохранится для системы другого биологического уровня.

При образовании популяции в условиях определенного воздействия внутрипопуляционные взаимоотношения формируются в два этапа - функциональный и структурный. В процессе формирования популяции начинается новый цикл превращения воздействия от слабого к адекватному. Но сигнал, адекватный для популяции, уже не будет адекватным для биоценоза или целостного организма. Каждый новый биологический уровень по новому оценивает внешнее воздействие. Таким образом, воздействие может быть признано слабым для определенного уровня организации и при определенных условиях. Значительные общесистемные изменения, вызываемые так называемыми "слабыми" воздействиями, говорят об их важной системной роли, принципиальном значении для системогенеза.

Нами продемонстрирована динамика становления системных взаимоотношений на примерах функционирования различных популяций клеток. Как известно, популяционные отношения складываются в три этапа - этап конгломерата системно независимых клеток, формирование системных взаимосвязей /логарифмическая фаза/ и стационар, т.е. существование сформированной популя-

ции. Реагирование на КВЧ-воздействие на этих трех этапах можно соотнести с тремя описанными выше механизмами. На первом этапе, когда клетки разобщены, они реагируют на облучение независимо друг от друга. Поскольку воздействие является неспецифическим, их поведение непредсказуемо. Поэтому возможна и стимуляция роста культуры, и ингибирование, и отсутствие эффекта. Мы наблюдали достаточно сильное отклонение в функционировании культуры из-за неоднозначности реагирования отдельных клеток на облучение. По мере становления популяции реакция становится более однозначной. Происходит более быстрое образование популяции, а на стадии стационара отсутствие эффекта. То есть налицо разное реагирование на одно и то же воздействие на разных этапах образования популяции. Причем, на логарифмической фазе развития популяции, когда функциональные перестройки достигают определенного уровня, и внешнее воздействие становится сильным, причем настолько, что обеспечивает закрепление сложившихся функциональных связей и установление новой конструкции популяции.

Из вышеизложенного можно заключить, что нет абсолютного значения среды для биосистемы. Характер воздействия зависит от ее структурно-функционального состояния. Это дает нам право говорить о диалектике воздействий.

DIALECTIC OF WEAK INFLUENCES

I.Veselago, M.Levina

In this work we made the classification of influences on biosystems. We study of weak electromagnetic irradiation effects (wave length 7,1 - 8 mm). Our scientific research base on the relationship between morphological structure and physiological function of biological system. Our theoretical and experimental results prove that the strength of the influence on biosystem depends on biosistem's structurfunctional condition. Weak factors can be extreme under certain conditions.

ПАМЯТЬ БИОСИСТЕМЫ И КВЧ-ОБЛУЧЕНИЕ

И.А.Веселаго, Л.Д.Гапочка, Т.С.Дрожжина, М.З.Левина

Временный научный коллектив "КВЧ"
Биологический факультет МГУ

Реферат. Память биосистемы - это ее структурно-функциональная организация. Это представление легло в основу проведенных теоретических и экспериментальных исследований по "запоминанию" КВЧ-облучения низкой интенсивности популяциями растительных клеток.

Введение. Проблема запоминания и памяти - одна из центральных в биологии. Она связана с изучением двух взаимодействующих компонентов - структурно-функциональной организации биообъекта и качества воздействующего фактора. До сих пор продолжаются поиски специфического субстрата памяти как в клетке, так и в организме и в отдельных его структурах. Между тем во многих экспериментах показано, что под действием внешнего агента меняется функциональное состояние объекта, которое при длительном сохранении переходит в структурные связи. Так осуществляется переход внешних факторов во внутренние.

Теоретическая модель, результаты и обсуждение. Взаимодействие биологического объекта со средой не протекает для него бесследно. Адаптивная реакция биосистемы на внешнее воздействие базируется на процессах упаковки и распаковки. Значение сигнала внешней среды и способ реагирования на него зависят от функциональной триады биологической системы. В процессе восприятия сигнала происходит образование новых комплексных блоков биосистемы, возникают функциональные взаимосвязи, переходящие в морфоструктурные, что ведет к преобразованию конструкции. Реагирование биосистемы происходит на базе сложившейся к данному моменту морфоструктуры объекта и возможностей организации функции. Происходит переход внешних факторов во внутренние, когда сигнал упаковывается в функциональную, а затем в структурную организацию биообъекта. Таким образом внутренняя организация биообъекта отображает внешнюю среду, сигналы которой приводят к системогенезу.

Системная реакция на внешнее воздействие - это работа программ. Процесс распаковки связан с активацией готовой или организацией новой программы на основе имеющихся функциональных и структурных возможностей.

Разделить процессы упаковки и распаковки можно лишь теоретически. Упаковка сигнала и распаковка ответа - две стороны одного явления. Сигнал для биосистемы - объект для упаковки, в то же время биосистема не заметит его, если не сработает какая-либо из программ, то есть, если не произойдет распаковки.

Триада биосистемы с одной стороны формируется при взаимодействии со средой, с другой - сама определяет способ этого взаимодействия. Таким образом, вся структурно-функциональная организация биообъекта, сложившаяся к данному моменту, - это его память.

Необходимо подчеркнуть, что только при длительном воздействии, по времени соизмеримом с временем формоструктурных изменений, в биосистеме происходит закрепление функциональных связей в морфологических структурах. Созданный новый функциональный блок становится частью конструкции. Измененная конструкция определяет не только новый характер реагирования, но и способ внутренней активизации. Упаковка комплексного сигнала в конструкцию обеспечивает новое свойство возникновения целостной реакции даже при нарушении одного из компонентов комплексного сигнала. Результатом упаковки является новый блок, реагирующий на комплексный сигнал как на моносигнал. Итак, в системе возникают и сохраняются не образцы внешних сигналов, не эталоны, а те функциональные и структурные изменения, которые они вызывают.

Такой подход к памяти является закономерным. Когда говорят о памяти молекул, клеток, организма в целом, то имеют в виду способность биосистемы реагировать определенным образом на знакомое воздействие и сохранение этой способности в течение некоторого отрезка времени. Память характеризуется тремя последовательными процессами - узнавание, сохранение, воспроизведение. Эти процессы взаимосвязаны, ни один из них не проявляется изолированно. В то же время их соотношение различно

и зависит от системно-функциональных свойств биообъекта, которые проявляются в возможностях формирования функции на базе морфосубстрата.

Мы уже говорили, что при восприятии внешних воздействий и при определенных условиях происходит упаковка сигнала. Это не означает, что в биосистеме имеется эквивалент сигнала, эталон, с которым приходящий сигнал сравнивается. Наличие блока-программы, готовой ответить на воздействие, является условием узнавания сигнала и получения реакции. Очевидно, узнать сигнал может любой блок, способный воспринять его. При наличии блока, готового ответить на сигнал, перестройки в системе будут минимальными. Система может возвратиться в исходное состояние после прекращения сигнала. В этом случае воздействие не запоминается, не фиксируется в системных перестройках. Такой сигнал был запомнен раньше, в процессе упаковки, когда формировался блок. Наличие готового ответа на прошедший сигнал говорит о закреплении функции в субстрате, об их однозначном соответствии относительно сигнала. Таким образом, реакция биосистемы по принципу "сигнал - однозначный ответ" исключает запоминание.

Различают кратковременную и долговременную память. Кратковременное запоминание связано с тем типом соотношения субстрата и функции, когда установленные между блоками связи обусловлены временными функциональными взаимодействиями. В ответ на пришедший комплексный сигнал происходит активирование не одного, а многих блоков. Возможность получения целостной реакции этого функционального комплекса делает сигнал, не знакомый каждому из блоков, узнаваемым временно связанным комплексом блоков. Это ассоциативная память. Ее кратковременность обусловлена незакрепленностью установившихся соотношений в морфосубстрате.

И, наконец, долговременная память - это скомпилированный новый блок, когда взаимосвязи между элементами структурно закреплены. По существу, долговременное запоминание - это возвращение к возможности однозначного оптимального реагирования. Новый блок, собранный как целое из уже ранее закрепленных в субстрате программ, сам является жестким образованием, лишен-

ным пластичности реагирования.

Необходимым условием процесса компиляции структуры является пролонгированность сигнала, в течение всего процесса системообразования. Так, нами проведены эксперименты по формированию популяций одноклеточных водорослей в присутствии токсиканта с момента посева клеточного материала. Мы получали популяцию с принципиально новыми свойствами, устойчивостью к токсическому действию, на несколько порядков превышающему леталь. Популяции "помнили" воздействия и адекватно на них отвечали. Более того, оказалось, что памятью обладали и клетки, которые сохраняли свойство устойчивости к токсиканту в течение нескольких поколений.

Обратимся к КВЧ-фактору. С точки зрения воздействия на клетки он не отличается от других факторов. При облучении в 0-й день и дальнейшем росте культура клеток водорослей образует популяцию, свойства которой отличаются от свойств контрольной популяции. Эта новая популяция обладает иной клеточной структурой, и в этом смысле обладает памятью на КВЧ воздействие. Однако клетки из этой популяции, пересеянные без облучения, растут в дальнейшем как в контроле и образуют обычную популяцию, идентичную контрольной. Их структура остается неизменной, и они не "помнят" КВЧ воздействие. Это вполне объяснимо: не было пролонгированности действия КВЧ фактора в течение роста популяции.

Следует еще раз подчеркнуть, что память, то есть структурные изменения в биосистеме возникают при сравнимости времени системообразования и действия внешнего фактора. Это относится только к неспецифическим факторам, которым является, в частности КВЧ облучение. Специфическое воздействие никогда не приводит к запоминанию, т.к. механизм ответа на него уже сформирован в эволюции биосистемы и закреплен в субстрате.

BIOSYSTEM'S MEMORY AND ELECTROMAGNETIC IRRADIATION = 7,1 - 8 MM

I.Veselago, L.Gapochka, T.Drojjina, M.Levina

Summary

The basis of our memory's research is the affirmation: biosystem's memory is its structure-functional organisation. This organisation is a functional triad, consisting of three component's: construction, activator and physiological function. The construction is morphological structure of living system. It consists of separate functional blocks and various connections between them. This connections can be directional or diffuse. Physiological function of biosystem is coordination of block's functions. Physiological process is formed by active blocks. The activator is a liquid inside buosystem. This, liquid is a product of block's metalolism. The organisation of physiological function is a work of the activator. Short-term memory is functional changes and long-term memory is structure changes of biosystem. The main condition of changes in continue of influences. In our experiments the cell's population remembers irradiation, but the cell does not remember it.

КВЧ-ВОЗДЕЙСТВИЯ, БИОЭНЕРГОИНФОРМАТИКА И КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ

В.Н.Волченко
МГТУ им. Н.Э.Баумана

Наши статьи в сборниках института радиотехники и электроники АН СССР 1987 и 89гг. под редакцией акад.Н.Д.Девяткова содержат результаты экспериментов по информационному КВЧ-воздействию и параллельно проводимому экстрасенсорному воздействию /ЭСВ/.

КВЧ-воздействия осуществляли на длинах волн от 0,5 до 2 мм /160 и 120 кГц/ при плотности потока мощности около 10^{-8}Вт/см^2 в точки акупунктуры. На эти же точки через полосовой сетчатый фильтр, соответствующий тем же длинам волн КВЧ, воздействовал оператор-экстрасенс /Н.Д.Колбун/.

На статистически представительных группах пациентов до 50 чел. установлена почти 70%-я идентичность в сенсорно-физиологических реакциях и в некоторых параметрах энцефалограмм головного мозга. Это позволило высказать гипотезу об информационно-энергетическом соответствии ЭСВ и КВЧ-воздействий на указанных диапазонах частот и энергий при наименьшей граничной спектральной плотности мощности около 10^{-19}Вт/ м^2.Гц.

С другой стороны, исследованы не объясненные пока наукой три группы феноменов. Во-первых, это экстрасенсорика: дистантная коррекция и диагностика живых и неживых объектов,диагностика по образу,измененные состояния сознания,ребефинг и т.п.; второе - аномальные явления в зоне земли /уфология,геопатогенные зоны,полтергейсты и т.п./ и,наконец, некоторые информационно-энергетические проблемы космобиоритмики /астрология,предсказания,контактеры/.

Анализ феноменов системы "Человек-Земля-Вселенная" показывает, что для их объяснения требуется особое мировоззрение. Оно определено как нетривиальная биоэнергоинформатика и опирается на предположение о наличии геокосмического информационного поля / и Космического Разума/.

Это суперполе можно отнести к некоторому тонкому миру (физический вакуум?). Современная физика, к сожалению, не допускает введения понятий информполя: места в существующих теориях для него нет.

физические законы, несет, главным образом, нравственное содержание. Она снимает многовековые распри между идеализмом и материализмом. Тем самым вновь открывается человечеству, но теперь еще и через Науку, путь в Духовный мир. Ранее Духовный мир наукой игнорировался и считался официально прерогативой только Религии и Искусства.

Приняв парадигму информполя, следует принять также и возможность существования так называемой полевой формы жизни и далее ввести понятие о живых системах. Главным их свойством будем считать высокую информативность по сравнению с энергетическими процессами.

Введем некоторый условный критерий для процесса информационно-энергетического обмена, как отношение характеристик информативности системы к ее энергетическим характеристикам. Информацию можно измерить в битах, а скорость ее обработки в битах за секунду на грамм массы. Энергетику процессов - в Джоулях или в электроновольтах, а поток энергии в Вт/см^2.

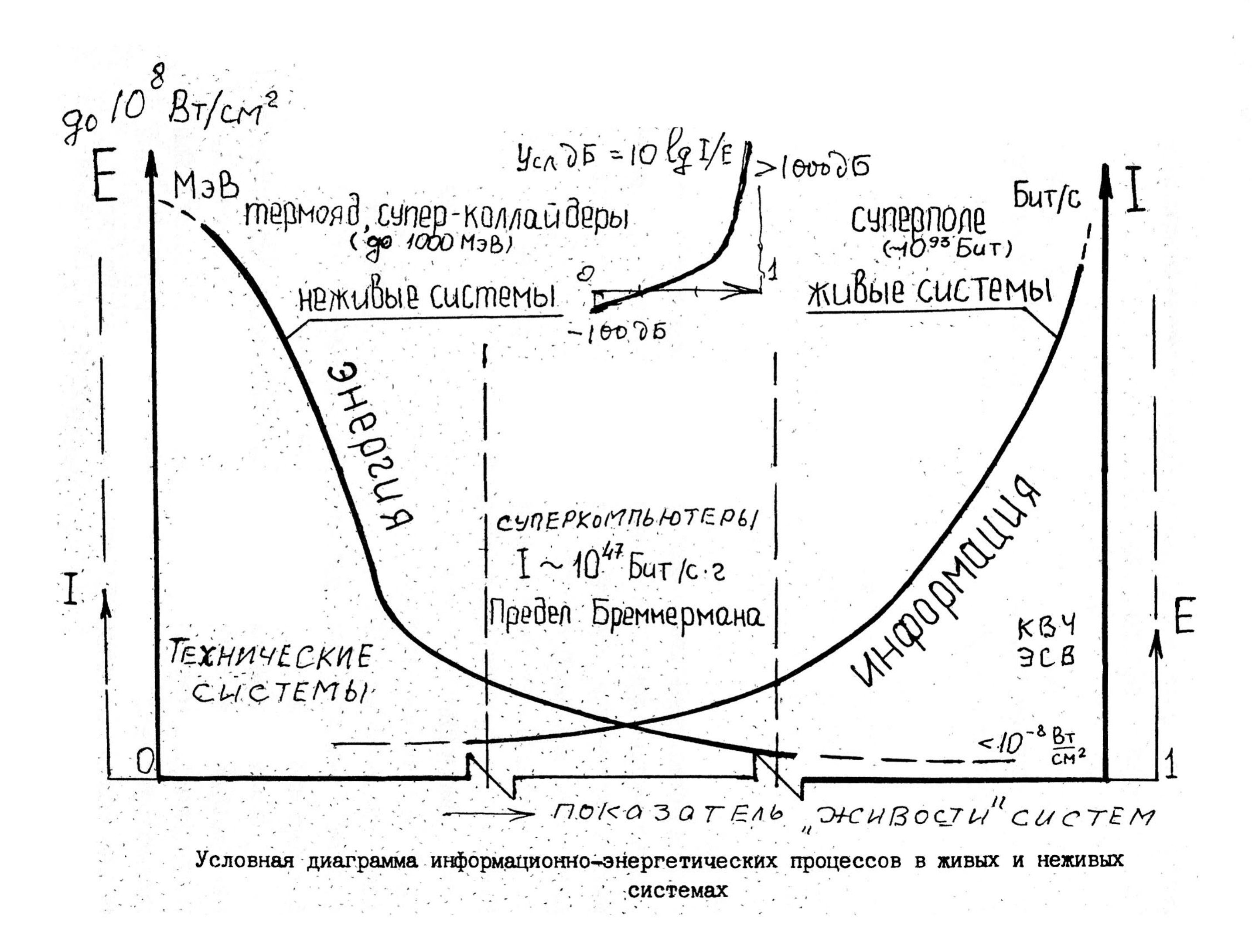
Рассмотрим условный ряд процессов или систем от неживых, созданных человеком, до природных. Слева расположим высокоэнергетические техногенные системы с малой информативностью, а у правого края диаграммы будем располагать живые системы /см.рис./. Откладывая по вертикали параметры энергии и информации, получим гипотетическую диаграмму, показывающую как-бы переход от неживого к живому.

Нисходящая в сторону живых систем, кривая плотности мощности Е, будет изменяться примерно от 10^{10} до 10^{-10} Вт/см^2, а восходящая кривая информации I от единиц бит/сек до $2 \cdot 10^{47}$ бит/с·г (предел Бреммерманна для суперкомпьютеров) и далее в пределе до бесконечности.

Что касается живых систем, то измерения энергии в Джоулях, а информативности в битах, строго говоря, теряет смысл и носит только оценочный характер. Однако, пользуясь примерными оценками энергетики экстрасенсорных и нетепловых КВЧ-воздействий на организм, можно принять цифры 10^{-10} Вт/см^2, 10^{-19} Вт/см^2.Гц, 10^{-19}Дж или доли электроновольт (много менее кТ).

С учетом работ И.Пригожина /Познание сложного/, Дж.Клира (Системология), П.Девиса (Суперсила) и других авторов можно полагать, что информация в живых системах, в том числе в суперполе, будет на много порядков больше, чем в неживых.

Для наглядности можно ввести логарифмический показатель соот-



Условная диаграмма информационно-энергетических процессов в живых и неживых системах

ношения информации и энергии в системах, выразив его в условных децибелах ІЭБ = IO lg (I/E). Тогда техногенные системы имеют показатель энергоинформативности около ста отрицательных децибел, а живые системы - до тысячи децибел и более (см.рис.) . Причем в живых системах мы предполагаем исключительно высокий уровень их структурно-информационного разнообразия (информация по Эшби...).

С учетом рассмотренной диаграммы биоэнергоинформатику целесообразно рассматривать как направление, связанное с проблемами информационно-энергетического обмена в живых системах. А к живым системам в данном контексте можно относить любые сложные термодинамически открытые системы, обладающие ярко выраженной антиэнтропийностью вцелом или в своих элементах. Не будет абсурдным полагать, что по критериям биоэнергоинформатики живой системой будет и наша Земля, и планеты, и вся Вселенная.

Как выше отмечалось, введение парадигмы суперполя позволяет подойти к объяснению многих феноменов, в частности, экстрасенсорной диагностики на расстоянии и по образу, ясновидения, предсказаний и т.п. В то же время становятся более ясными такие понятия как Дух, Духовность, Душа... Достижение интеллекта можно соотносить с духовностью его носителей, что существенно повысит ответственность человека не только перед обществом, но и перед Космосом, частью которого Человек является.

Литература

I. Николс Г., Пригожин И. Познание сложного. - М.:Мир,1990,342 с.
2. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. - М.:Радио и связь, 1990, 544 с.
3. Девис П. Суперсила. - М.:Мир, 1989, 272 с.
4. Волченко В.Н., Колбун Н.Д., Лобарев В.Е. Информационные электромагнитные взаимодействия оператора и биообъектов в мм диапозоне длин волн: Сб. - М.: ИРЭ АН СССР, 1989, с.II5-I20.
5. Гурвич А.Г. Теория биологического поля. - М.: БМ.,1944, I55 с.
6. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных ЭМ полей. - Новосибирск: Наука, 1986, I82 с.
7. Бецкий О.В., Путвинский А.В. - Известия вузов. Радиоэлектроника, Т.29, 1986, № IO, с.4-IO.
8. Волченко В.Н., Дульнев Г.Н .: Сб. Калининского государственного университета, 1984, I20 с.

WEAK EHF-ACTIONS,BIOENERGYINFORMATICS and the CONCEPT of INFORMATION FIELD

Vladimir N. VOLCHENKO
Moscow Bauman State Technical University
Moscow 107005,2nd Baumanskaya,5

The results of the experiments on the information EHF-and extrasensory actions conducted parallely are discussed.

EHF-actions were conducted at wavelengths from 0.5 till 2 mm /160-120 KHz/ at the density of power stream about 10^{-8} Wt/cm^2 in the acupuncture points. An operator-extrasense acted on the same points through a band gauze filter corresponding to the same wavelengths of EHF.

About 70% identity in sensory and physiological reactions and in some parameters of encethalopattern of brain has been determined in the groups of patients consisting of up to 50 persons. It enabled to state the hypotheses on the information and energy conformity and EHF-actions in frequency and power ranges at maximum power density of 10^{-19} Wt/m^2·Hz.

On the other hahd, phenomena of extrasensoric /diagnostic on a pattern, bright seeing and so on/ which are not explained by sciense abnomal phenomena in the Earth zone /ufology, geopathogen zones poltergaists and so on/ and some information and energy problems of kosmobiorhythmics / astrology, predictions, contacts / have been inverstigated.

The analysis of phenomena in the system "Man-Earth-Universe" shows that for explainig them the special world outlook is necessary It is termed as untrivial bioenergyinformatics. It is based on the assumption of geokosmic information field.

This superfield hypothesly belongs to some parallel thin world, therefore there are no contradictions with physics of our world. The hypotheses of superfield and Kosmic Reason, not destroying our physical laws, eliminates the centuries-old contradictions between idealism and materialism, between Science and Religion opening Mankind a way to the Spiritual World again.

It is suggested to measure informenergy exchange of living systems as a dynamics of their structural and information variety in decibels on joule on a gramme of a substance for a second.

БИОНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРА В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН: УСТРОЙСТВО И МЕТОД ИНФОРМАЦИОННО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ

Н.Д.Колбун, В.А.Куценок, В.Ф.Дехтярук
Научно-методический центр информационно-волновой терапии фирмы "ЭХО-БИОПОЛИС"
Киев, 252034, ул.Рейтарская 3I/I6-6

Реферат. Исследована электромагнитная природа связи между оператором и биологическими обьектами в миллиметровом /ММ/ диапазоне длин волн. Установлено, что наиболее эффективно такая связь проявляется в полосах поглощения водяных паров и кислорода, существующих в окружающем нас электромагнитном фоне. Основываясь на исследованиях электромагнитных взаимодействий оператора и испытуемых и изучении пороговых уровней чувствительности биообьектов к мм-излучению созданы портативные устройства и обоснован метод информационно-волновой терапии, являющийся дальнейшим развитием КВЧ-терапии.

Введение. Исследование бесконтактного воздействия оператора на организм человека и другие биологические обьекты, позволили сформулировать гипотезу об электромагнитной природе связи сенсорно разобщенных биологических обьектов.

Для подтверждения возможности электромагнитного взаимодействия между оператором и испытуемым, выяснения диапазона ЭМП, в котором осуществляется такая связь, были разработаны специальные методики проведения экспериментов с применением экранов и полосовых сеточных фильтров /I/.

Основной методики по установлению электромагнитной природы связи между обьектами являлось размещение между оператором, выступающим в качестве биологического генератора, и другим биообьектом, выступающим в роли биологического детектора, экранов и фильтров электромагнитных волн. При этом производилась

регистрация изменений в состоянии биообьектов различными методами, в зависимости от уровней биологической организации биодетектора.

Результаты и обсуждения. Оператор воздействовал, размещая свои руки в 5-10 см над зоной акупунктуры GI_4 /точка Хэ-Гу/ у большого пальца руки испытуемого. Остальные области тела испытуемого были изолированы углетканью. Между руками оператора и поверхностью зоны Хэ-Гу поочередно в конвертах подставляли неизвестные оператору фильтры и экраны. Серия из 12-ти полосовых сеточных фильтров была изготовлена методами фотолитографии и травления из медной фольги толщиной 0,1-0,2мм. Фильтры обеспечивали при диаметрах отверстий от 300 до 1370мкм, высокое /80-90%/ пропускание миллиметрового излучения /ММИ/ с длиной волны от 0,5 до 2,5 мм.

Регистрировалась сенсорно-физиологическая реакция испытуемого, соответствующая номеру фильтра и таким образом устанавливался диапазон частот, в котором "генерировал" оператор. Было проведено около 50-ти опытов с 50-тью испытуемыми. Установлено статистически достоверное /с вероятностью более 0,85/ наличие взаимодействия оператора с испытуемыми на частотах соответствующих длинам волн $\lambda = 0,5 \div 2,5$ мм. Кроме сенсорных реакций регистрировались спектограммы ЭЭГ головного мозга и частота сердечных сокращений /ЧСС/. Получены отчетливые отличия в характере спектров ЭЭГ и ЧСС до и после воздействия оператора.

Необходимо отметить, что для чистоты эксперимента принимались меры по исключению в опытах электромагнитных излучений других диапазонов длин волн. В опытах с фильтрами проводились контрольные серии опытов, в которых отсекалась инфракрасная /ИК/ область электромагнитных излучений. При этом результаты опытов оставались прежними, следовательно ИК-область не вносит существенного вклада в эффекты взаимодействия биообьектов.

Анализ экспериментальных данных, полученных при воздействии оператора через фильтры, открыл интересную закономерность. Оказалось, что взаимодействие оператора и испытуемых наиболее эффективно проявляется в полосах поглощения водяного пара λ =0,77 ; 0,9 ; 1,7 и кислорода λ =2,5 ; 5 мм, которые существуют в окружающем нас естественном электромагнитном фоне. Следует отметить что за

миллионы лет эволюции человек и другие биообьекты адаптированы к исключительно низкому уровню естественного электромагнитного фона. Для получения отклика организма здесь, по-видимому, достаточен наименьший уровень подводимой энергии /информации/ /2/.

Основываясь на проведенных исследованиях электромагнитных взаимодействий оператора и испытуемых и изучении пороговых уровней чувствительности биообьектов к ММИ, осуществлено бионическое моделирование физического поля оператора в ММ-диапазоне длин волн. Созданы портативные маломощные генераторы типа "Порог", моделирующие действие рук оператора, со спектральной плотностью мощности излучения 10^{-18}+10^{-17}Вт/Гц в широком спектре частот. Проведены исследования по действию "Порога" на бактерии, животных, человека, которые подтвердили высокую чувствительность биообьектов различных уровней организации к очень низким уровням ММИ /3,4,5/

Полученные экспериментальные результаты по воздействию "Порога" на бактерии, животных, и организм человека позволили разработать метод информационно-волновой терапии /ИВТ/, являющийся дальнейшим развитием КВЧ-терапии.

Метод ИВТ основан на бесконтактном воздействии нетепловым электромагнитным излучением миллиметрового диапазона /КВЧ-диапазон/ информационного уровня со спектральной плотностью мощности излучения 10^{-18}-10^{-17} Вт/Гц на точки акупунктуры, биологически активные зоны, а также местно на раны, трофические язвы, очаги поражения различного происхождения с помощью устройств и аппаратов типа "Порог", применение которых в лечебной практике не требует предварительного поиска и подбора резонансных терапевтических частот, поскольку спектр выходного излучения уже содержит резонасные частоты, совпадающие с индивидуальными терапевтическими частотами пациента.

Выделенные выше два признака - информационный уровень излучения и отсутствие необходимости подбора терапевтических частот являются новой отличительной особенностью и важнейшим преимуществом метода ИВТ перед существующими методами КВЧ-терапии, МРТ и т.д.

Метод и устройство аппробированы и научно обоснованы более чем на 1000 больных различного профиля.

Клиническая аппробация безмедикаментозного метода ИВТ подтвердила его высокую эффективность при терапии ряда заболеваний в гастроэнтерологии, пульмонологии, неврологии, психиатрии и наркологии, эндокринологии, дерматологии, педиатрии, хирургии , ортопедии и травматологии, офтальмологии, отоляринголологии, онкологии, анестезиологии и реанимации, для купирования болевых синдромов и других состояний, включая иммунодефицитные и профзаболевания, а также коррекция нарушений, обусловленных радиационным воздействием.

Устройство для ИВТ являются компактными, имеют малый вес, автономное питание, удобны и безопасны для медицинского персонала. Могут применяться в лечебно-профилактических учреждениях, стационарных, амбулаторно-поликлинических, медсанчастях, санаториях и курортах, в условиях работы станций скорой помощи, в спортивной медицине, в кабинетах психологической разгрузки, в институтах и центрах народной медицины и т.д.

В настоящее время созданы ряд модификаций устройств типа "Порог" для информационно-волновой терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колбун Н.Д., Лобарев В.Е. "Проблема биоинформационных взаимодействий: миллиметровый диапазон длин волн". - Кибернетика и вычислительная техника, К., ИК АН УССР, вып.78, 1988, с. 94-99.

2. Волченко В.Н., Колбун Н.Д., Лобарев В.Е. "Информационные электромагнитные взаимодействия оператора и биообьектов в ММ-диапазоне длин волн".- Миллиметровые волны в медицине и биологии, Сб., М., ИРЭ АН СССР, с. 115-120.

3. Руденко А.В., Колбун Н.Д., Толкач Л.А. "Изменения адгезивных свойств микроорганизмов под воздействием миллиметрового излучения".- Фундаментальные и прикладные аспекты применения миллиметрового электромагнитного излучения в медицине".- Тез. докл., К., 1989, с. 190-191.

4. Васильев В.А., Дрендель С.Д., Нотова О.Л., Колбун Н.Д. "Влияние воздействия ЭМИ КВЧ низкой интенсивности на моторную функцию желудочно-кишечного тракта" - Там же, с 152-153

5. Лукьянова О.Н., Колбун Н.Д. "Возможности использования СВЧ-воздействия для релаксации после физической нагрузки". // Там же, с. 189-190

BIONIC MODELLING OF OPERATOR's INTERACTION WITHIN THE MILLIMETER WAVE RANGE: THE DEVICE AND THE METHOD OF INFORMATION WAVE THERAPY

Nicholas D. Kolbun, Basil A. Kutsenok, Victor F. Dekhtiaruk

ECHO-BIOPOLIS COMPANY

31/16 Reuter Street Apartment 6 Kiev City Postal Code: 252034 the Ukraine

PRECIS:

Studied was the nature of interaction between the operator and biological objects within the mm-range of wave lengths.

It has been ascertained that the most efficiently such an interaction is being displayed in the saturation bands of water vapours and oxygen ambient in the surrounding electromagnetic field. Resort has been made to the research of electromagnetic interactions of the operator and the objects of studies and the threshold levels of sensitivity of bioobjects to mm-radiation. Created also were portable devices and scientific background was give tothe method of information wave therapy which is a further development of the ultrahigh frequences therapy.

О РОЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭМИ В ФОРМИРОВАНИИ БИОЭФФЕКТОВ ПРИ КВЧ-ОБЛУЧЕНИИ

Хижняк Е.П.*, Бецкий О.В.**, Воронков В.Н.*,
Тяжелов В.В.*, Яременко Ю.Г.**

* Институт биофизики клетки АН СССР
142292, г.Пущино, Московской области

** Институт радиотехники и электроники АН СССР
103907, г.Москва ГСП-3, Манежная пл.6

Реферат. С использованием метода ИК-термографии исследовались особенности пространственного распределения поглощения КВЧ-излучений в моделях биологических тканей и кожных покровах. Показано, что при расположении облучаемых обьектов в ближней зоне излучателей аппаратов, используемых в КВЧ-терапии, возможно формирование локальных областей концентрации поля. Обнаружена возможность существования локальных областей поглощения КВЧ ЭМИ, обусловленная гетерогенностью и особенностями поверхностных слоев кожи. Показано, что максимум удельной поглощаемой мощности (УПМ) в коже локализован на глубине 0,7 мм, а максимум перегрева при длительном облучении - на глубине 1,2-1,5 мм в зависимости от конкретных участков кожи.

Введение. Электромагнитные излучения (ЭМИ) КВЧ-диапазона широко используются в медицинской практике для лечения различных заболеваний. Однако, вопрос о механизмах биологического действия КВЧ ЭМИ остается по сей день дискуссионным.

Наиболее интересной особенностью биоэффектов КВЧ ЭМИ является выраженная частотная зависимость, которая наблюдается как в целом ряде экспериментальных исследований, так и при использовании КВЧ-воздействия в медицине [1]. В последнем случае, подбор частоты является важным условием для успешного лечения некоторых заболеваний.

Учитывая, что КВЧ-излучение практически полностью поглощается в верхних слоях кожи, пространственное распределение поглощения излучения (ПРПИ) важно как для понимания механизмов действия КВЧ ЭМИ, так и для оптимизации условий облучения. Обычно при КВЧ-воздействии облучаемые обьекты размещаются в ближней зоне рупорных излучателей, что затрудняет теоретическую оценку ПРПИ. В [2] было показано, что в зависимости от частсты КВЧ ЭМИ и условий согласования рупорных излучателей с фантомом, структура УПМ на поглощающей поверхности может иметь резко выраженный неравномерный характер с возможностью возникновения одного или нескольких локальных максимумов УПМ. Учитывая, что кожа является гетерогенной по электрическим свойствам слоистой системой, можно ожидать дополнительных искажений в распределении УПМ, в том числе и по глубине.

Методика. В работе исследовалась пространственная структура УПМ в гомогенных гелевых фантомах и послеоперационных образцах кожи человека. Облучение исследуемых образцов размером IxI см проводилось из раскрыва волновода генератора Г4-I4I. Картина УПМ расчитывалась по скорости разогрева, регистрируемой термовизионной системой AGA-780 [3]. Для регистрации распределения УПМ по глубине применялся метод разьемных моделей. Для исключения артефактов за счет испарения образцы кожи покрывались тонкой ИК-прозрачной диэлектрической пленкой.

На первом этапе регистрировалось ПРПИ на поверхности гомогенного гелевого фантома, что позволяло оценить картину поля, обусловленную особенностями излучателя, и подобрать идентичные условия облучения кожи и фантома. Затем проводилось облучение предварительно разрезанного параллельно поверхности лоскута кожи с контролем поверхностного распределения УПМ. После облучения препарат кожи разделялся и регистрировалась тепловая картина на внутренней поверхности I,5 мм слоя кожи.

Результаты и обсуждение. На Рис.I,А представлено распределение относительной УПМ на поверхности гелевого фантома, а на Рис.I,Б - в коже на глубине I,5 мм.

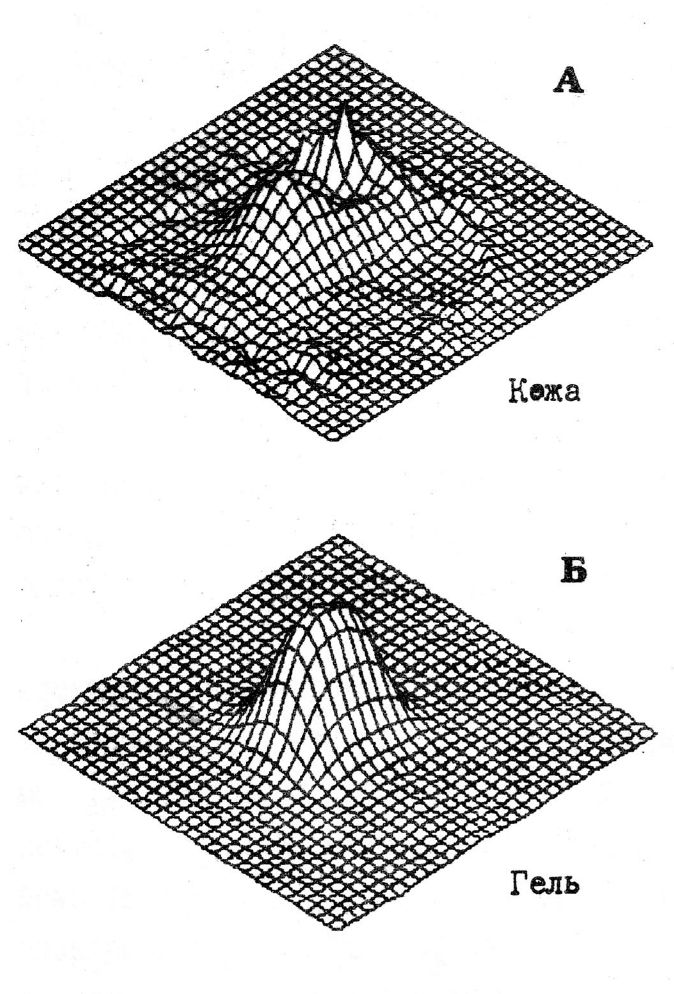


Рис.1

Сравнительный анализ распределений УПМ показывает, что положение локальных максимумов в коже не соответствует области максимальных значений УПМ на поверхности гелевого фантома. Размер выраженного локального максимума (Рис.IA) не превышает 0,5 мм. Наличие таких "горячих пятен" на столь большой глубине может быть обусловлено рядом причин:

- резкой неравномерностью поглощения КВЧ ЭМИ в реальной коже, особенно в слое эпидермиса;
- неравномерностью теплоемкости различных участков кожи;
- неоднородностью кожи по теплопроводности.

Вероятнее всего, что все три причины вносят определенный вклад в формирование столь неоднородной картины тепловыделения в глубоких слоях кожи при облучении. Некоторое смещение образца кожи относительно раскрыва волновода не приводит к существенному изменению положения и размеров локальных максимумов тепловыделения относительно кожи. Это показывает, что в коже человека возможна дополнительная концентрация УПМ из-за гетерогенности кожи.

Для выяснения причин различий в распределениях УПМ на поверхности и в глубине кожи были проведены исследования распределения УПМ по глубине с использованием образцов кожи, предварительно разрезанных перпендикулярно поверхности.

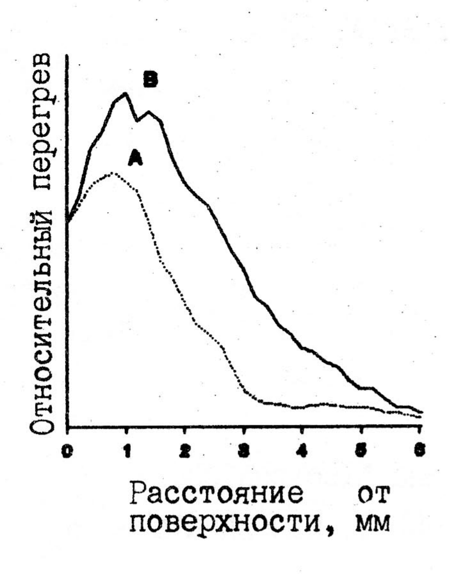


Рис.2

На Рис.2 приведены профили разогрева кожи по глубине в зависимости от времени облучения: кривая А - снята при экспозиции в течении 2 секунд, кривая Б - в течении I минуты. Из-за малого времени экспозиции кривая А близка к профилю УПМ по глубине кожи. Максимум УПМ смещен относительно поверхности на глубину 0,7 мм, что может быть обусловлено меньшим поглощением в поверхностных слоях кожи. С увеличением времени облучения глубина локализации максимума перегрева в коже возрастает до I,5 мм

При совмещении локальных максимумов, обусловленных параметрами излучателя, гетерогенностью электрических и физико - химических свойств кожи, возможно формирование зон значительных локальных перегревов в коже. В таких случаях могут развиваться структурные изменения в коже на достаточно большой глубине [4], которые могут запускать ряд системных реакций организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бецкий О.В., Ильина С.А. Кожа и проблема взаимодействия ММ-волн с биологическими объектами. В сб. "Миллиметровые волны в медицине и биологии", М. ИРЭ АН СССР, I989, с.296-302.
2. Бецкий О.В., и др. ДАН, I989, т.309, No I, с.230-233.
3. Pashovkin T., Khizhnyak E., Sarvazyan A. Archives of Acoustics, 1984, vol.9, No1-2, p.15-21.
4. Воронков В.Н., Хижняк Е.П. Морфологические изменения в коже при действии КВЧ ЭМИ. В данном сборнике.

ROLE OF THE DISTRIBUTION OF MICROWAVE ABSORPTION IN BIOEFFECTS OF THE EHF-IRRADIATION

Khizhnyak E.P.*, Betski O.V.**, Voronkov V.N.*,
Tyazhelov V.V.*, Yaremenko Yu.G.**

* Institute of Cell Biophysics, USSR Academy of Sciences,
142292, Pushchino, Moscow Region, USSR

** Institute of Radioengeneering and Electronics,
USSR Acad. of Sciences, 103907, Moscow GSP-3, Manezhnaya Sq.6

Recently millimetre wave range of electromagnetic irradiation is being more and more widely applied in medical practice. Taking into account that at these wave lenghts, irradiation, as a rule, takes place in the near irradiation area of transducer, it is logical to expect considerable deviation of power deposition due to geometry and heterogeneous objects properties.

Performed investigations indicated possibility of local field concentrations, approximately 1 mm im dimensions, within an irradiation frequency range of 35-75 GHz. The observed frequency dependence of effects is determinated by transducer and object coupling conditions.

It was demonstrated that maximum of SAR in skin is localizated approximately at 0.7 mm deep, and maximum of overheating during long time exposure - at 1.2-1.5 mm deep depending on local skin properties.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОЖЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ КВЧ ЭМИ

В.Н.Воронков, Е.П.Хижняк

Институт Биофизики клетки АН СССР,
142292, Пущино, Московской обл.

Реферат. Показано, что облучение кожи экспериментальных животных на частоте 52 ГГц вызывает различной степени дегрануляцию тучных клеток, выраженную вазодилятацию сосудов дермы и диапедез форменных элементов крови в экстраклеточный матрикс дермы. Формирование локальной воспалительной реакции происходит в течение короткого времени. Исследовано влияние ЭМИ на структурные изменения в коже *in vitro*. Показано, что при облучении кожи в отсутствии кровотока, в эпидермисе происходит перинуклеарная вакуолизация кератиноцитов.

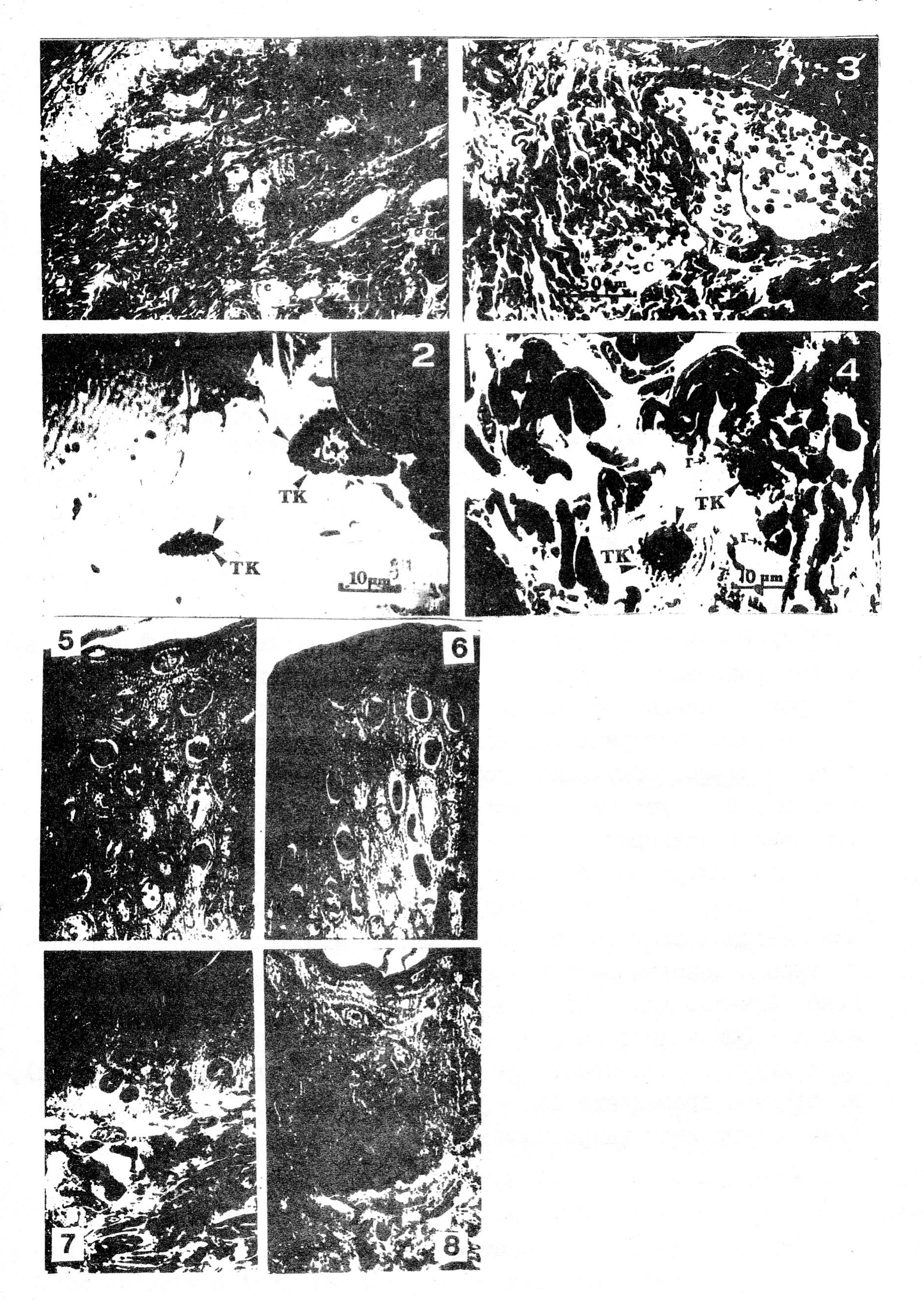
Введение. Успешное использование в последнее время низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицинской практике для лечения ряда заболеваний [1] объясняет интерес к исследованию первичных механизмов взаимодействия ЭМИ с биологическими объектами и, в частности, с кожей человека. При КВЧ-терапии проводится облучение различных участков кожи человека, в том числе и точек акупунктуры, при этом волны практически полностью поглощаются в тонком слое кожи (порядка 1 мм) и не достигают внутренних органов. Предполагается [2], что кожа является ключевым объектом в проблеме изучения физических механизмов воздействия миллиметровых волн на организм человека. Целью данной работы было изучение структурных изменений в коже при действии КВЧ ЭМИ.

Методика. В экспериментах использовали крыс породы „*Vistar*" весом 300-400 грамм. За 30 минут до начала облучения животному подкожно вводили веронал в дозе 50 мг. Для облучения использовали генератор Г-142. Облучение проводили с открытого конца волновода. У каждого животного на частоте 52 ГГц облучали кожу внутренней поверхности в проекции сустава кисти правой лапы вплотную фиксированную к волноводу. Облучение проводили в течение 15 минут при мощности 50 мВт/см^2. Биопсию облученного участка кожи брали через 15 минут после облучения. В

части экспериментов проводили облучение кожи экспериментальных животных *in vitro* при мощности от 50 до 100 мВт/см^2 в течение 10-15 минут.

Световая микроскопия. Образцы фиксировали в 0,5-2,5% растворе глутарового альдегида, приготовленном на 0,1 М -какодилатном буфере (рН 7,6-7,8), в течение 4 часов. Постфиксацию проводили в 0,5% растворе четырехокиси осмия, который готовился на том же буфере, в течение 4-6 часов. Обезвоживание проводили в этаноле и ацетоне с последующим заключением образцов в Эпон-Аралдит. Фиксацию и обезвоживание проводили при комнатной температуре. Полутонкие срезы (толщиной 1-3 мкм) готовили на ультрамикротоме "Райхерт" с помощью стеклянных ножей. Полутонкие срезы окрашивали метиленовым синим/азуром II и фуксином. Светомикроскопический анализ проводили на микроскопе "Перавал-Интерфако" (Карл Цейсс, Иена, Германия).

Результаты и обсуждение. В коже после облучения ЭМИ при гистологическом анализе были выявлены следующие изменения: расширение сосудов в нижних слоях дермы (рис.3), расширение капилляров в сосочковом слое дермы, диапедез эритроцитов в экстравазальное пространство в этих областях. Расширение сосудов и выход из них эритроцитов, по-видимому, вызваны деятельностью тучных клеток (ТК). Качественный анализ, проведенный на свето- микроскопическом уровне, указывает на снижение числа гранул в тучных клетках (рис.4) по сравнению с контрольными образцами (рис.2). В отдельных участках кроме дегрануляции тучных клеток втречаются разрушенные ТК. Общеизвестно участие тучных клеток в аллергических, анафилактических, а также общих и местных защитных реакциях при попадании инфекции в организм [3]. Основными компонентами секрета, накапливающегося в тучных клетках, являются гепарин и гистамин. Кроме них, очень важную роль играют и другие вещества: медленно реагирующее вещество анафилаксии, обладающее гистаминоподобным действием на эндотелий сосудов и гладкие мышцы; эозинофильный хемотаксический фактор; нейтрофильный хемотоксический фактор. Эти и ряд других веществ и медиаторов, высвобождающихся экзоцитозом из тучных клеток, прямо воздействуют на нервные окончания в дерме.


1
TK
TK
c
c
c
c
3
C
C
50 µm
2
TK
TK
10µm
4
r
TK
TK
r
10 µm
5
6
7
8

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что после воздействия ЭМИ в облученном участке кожи развивается локальная воспалительная реакция. Одним из пусковых факторов этой реакции может являться действие ЭМИ на тучные клетки, активизирующее экзоцитоз гранул с выбросом гистамина. Возможность формирования локальных очагов перегрева в коже, показанная с помощью ИК-термографии в [4], по-видимому, может также быть причиной различной степени дегрануляции тучных клеток и появлением в некоторых участках облученного участка разрушенных клеток. Выделяемый при экзоцитозе гистамин вызывает резкое расширение сосудов, периваскулярный отек и диапедез эритроцитов и других форменных элементов крови. Кроме того значительный выброс секрета из тучных клеток, а также веществ (факторов) из крови действует на многочисленные нервные окончания. Это может быть причиной формирования ответа всего организма на действие ЭМИ. В исследованиях морфологии точек у человека и кролика [5] показано, что в области точек акупунктуры имеется изобилие нервных стволиков и сосудов. В случае облучения ЭМИ точек акупунктуры, в области которых дерма обильно иннервирована, будет происходить стимуляция определенных центров, связанных с данной точкой акупунктуры.

В ряде экспериментов нами были исследованы изменения в коже in vitro. Облучение проводили при мощности от 50 до 100 мВт/см^2. В отсутствие кровотока наибольшие изменения были обнаружены в эпидермисе кожи в виде перинуклеарной вакуолизации в кератиноцитах во всех слоях эпидермиса (Рис.5 - 50 мВт, Рис. 6 - 100 мВт, Рис.7, 8 - контроль). В экспериментах при облучении животных in vivo подобных морфологических изменений в эпидермисе с использованием световой микроскопии не было обнаружено. Однако, для более точного ответа на вопрос, каким образом КВЧ ЭМИ влияет на структуру клеток эпидермиса, в том числе и иммунокомпетентных клеток (Т-клеток, клеток Лангерганса), необходимо проведение более тонких исследований с использованием электронной микроскопии.

Л и т е р а т у р а

I. В.Ф.Саенко, А.М.Бахарев, А.А.Пустовит, И.С.Черная. Лечение язвенной болезни I2-перстной кишки методом КВЧ терапии. В сб.: "Миллиметровые волны в биологии и медицине". М., I989, с.I0.
2. О.В.Бецкий, С.А.Ильина. Кожа и проблема взаимодействия миллиметровых волн с биологическими объектами. В сб.: "Миллиметровые волны в биологии и медицине". М., I989. с.296-302.
3.Mast Cell. Activation and Mediator Release. ed. Jshizaka, New-York, London, "Karger", 1984.
4. Е.П.Хижняк, О.В.Бецкий, В.Н.Воронков, В.В.Тяжелов, Ю.Г.Яременко. О роли пространственного распределения поглощения ЭМИ в формировании биоэффектов при КВЧ-облучении. В данном сборнике.
5. Novotny V. Some morphological data an acupumcture. Scripta Medica, 1975, v.5, N 4, p.367-369.

MORPHOLOGICAL CHANGES IN SKIN UNDER EHF-IRRADIATION

V.N.Voronkov, E.P.Khizhnjak

Institute of Cell Biophisics of Acad. Sci. USSR,
Puschino, Moscow Region, 142292, USSR.

We have examined the millimeter microwaves effects on normal rat skin with the use sequential biopsy specimen proceced as 1-3 µm Epon-embedded sections. The skin of rats was exposed to 52 GHz millimeter waves (50 mW/cm^2). Hystologic changes were noted after 15 min irradiation. The dermis manifested different degree of degranulation of the mast cells together with a vasodilation, involving both the superficial and deep venular plexuses. Red blood cell extravasation were also noted. These facts suggest that mast cells may be play an important role in the response to millimeter microwaves. We also examined the millimeter microwaves effects on rat skin in vitro. In the case of ceased blood circulation the major histologic alterations in the epidermis included vacuolated keratinocytes.

Особенности распределения КВЧ поля в биологических структурах

Г.Т. Буткус, А.С. Пауза, К.К. Микалаускас
Институт физики полупроводников
Гоштауто 11, 232600 Вильнюс, Литовская Республика

На основании экспериментального исследования пространственного распределения электрического поля в облучаемых биологических объектах делается вывод о значении этого параметра поля для интерпретации экспериментальных данных и понимания механизмов взаимодействия. Приводятся закономерности распределения поля в плоскослоевых поглощающих структурах, находящихся в ближней зоне рупора.

Одним из наиболее важных и трудноконтролируемых параметров облучающего биологический объект КВЧ поля является пространственное распределение квадрата амплитуды его электрической составляющей внутри объекта, либо на его поверхности. Знание структуры поля помогает в интерпретации экспериментальных данных, а в некоторых случаях может быть ключом к пониманию первичных механизмов взаимодействия.

Этот вывод основывается на обобщении результатов экспериментального исследования поля наиболее часто используемых в экспериментах излучателей, нагруженных на биологический объект. В качестве последнего использовались модельные плоскослоевые структуры, которые в большинстве случаев являются либо точной моделью объекта (чашка Петри, различные кюветы, мембраны), либо некоторым приближением (кожный покров, препараты).

Пространственная структура внутреннего поля имеет, во-первых, дозиметрический смысл. В условиях, когда объект располагается в ближней зоне излучателя, индуцированное в нем поле имеет сложную структуру, критичную к частоте, взаимному расположению излучателя и объекта и т.д. Контроль амплитуды поля в некоторой точке (или точках) в системе координат, связанной с излучателем и объектом, способствует достоверному обнаружению биологического отклика и повторяемости экспериментальных результатов. Такой контроль особенно актуален, когда объект неоднороден как в электродинами-

ческом, так и биологическом смысле, и размеры неоднородностей сравнимы с размерами локальных максимумов поля (0,3 - 3 мм для диапазона длин волн 6 мм), а также, когда взаимодействие локализовано природой объекта или условиями эксперимента. В случае, когда объект однороден в указанном маштабе, а отклик имеет пороговый характер относительно интенсивности облучения и аддитивен относительно количества облученного материала, дозиметрический смысл имеет величина обьема объекта, облученного с заданной (пороговой) интенсивностью:

$$V_{эфф} = \int_{\Omega} \delta(\vec{r} - \vec{r}\,')dV(\vec{r}),$$

где Ω - обьем интегрирования, $\vec{r}\,'$ - координата элемента обьема, в котором интенсивность превышает заданную, $\delta(\vec{r})$ - дельта-функция. Величина отклика пропорциональна $V_{эфф}$. В частности, если объектом является суспензия клеток в чашке Петри, облучаемая рупором сверху или снизу, и амплитуда поля на поверхности жидкости равна $|\vec{E}\ (\vec{r})|^2$, а глубина проникновения поля равна α, то

$$V_{эфф} = \int_{\Sigma} \delta(\vec{r} - \vec{r}\,')l(\vec{r})dS(\vec{r}),$$

где Σ - поверхность интегрирования, $\vec{r}\,'$- координата элемента поверхности, на котором $|\vec{E}\ (\vec{r}\,')|^2 e^{-2\alpha\vec{l}(r')}$ равно заданному значению. Величина $V_{эфф}$ критична к частоте и расположению объекта. Более того, глубина проникновения α для излучателей, имеющих электрически малые размеры аппертуры, определяется не только диэлектрическими свойствами среды, но и относительными размерами аппертуры (для прямоугольной аппертуры размером $a<1.5\lambda$ примерно как $a^{2,4}/\lambda^{1,4}$, где λ - длина волны в среде), а также расположением объекта [1].

Если отклик аддитивен относительно количества облученного материала и его зависимость от интенсивности облучения (измеряемой в единицах $|\vec{E}|^2$) описывается функцией $f(|\vec{E}|^2)$, то для объекта с распределением внутреннего поля $|\vec{E}_i(\vec{r})|^2$ отклик пропорционален интегралу

$$\int_V f(|\vec{E}_i(\vec{r})|^2)dV(\vec{r}).$$

Для слоя жидкости с распределением поля на поверхности $|\vec{E}(x,y)|^2$ интеграл можно конкретизировать:

$$\int_{x_o}^{x_o} \int_{-y_o}^{y_o} \int_{0}^{z_o} f(|\vec{E}(x,y)|^2 e^{-2\alpha z})dxdydz,$$

где x_o, y_o, z_o определяют область интегрирования в выбранной системе координат.

По мнению авторов, такой подход к дозиметрии позволяет более адекватно производить исследования энергетических и частотных зависимостей биологических эффектов КВЧ облучения. Для обеспечения лучшей повторяемости результатов при многократном использовании биологических обьектов одного типа и того же излучателя следует первоначально произвести тестирование условий облучения, т.е., определить область допустимых изменений обьективно контролируемых параметров, таких, как частота, расстояния, размеры объекта, и т.п.

Внутреннее поле в обьекте в свою очередь определяет структуру температурного поля. Наличие градиентов переменного электрического и температурного полей может вызвать явления переноса дипольных частиц и вещества, и служить первичной причиной биологического эффекта, даже если абсолютное значение нагрева биологически незначительно. Вероятнее всего, что такие явления влияют на роцессы, происходящие на границе раздела фаз. Авторами зафиксирован экспериментальный факт, когда биологический эффект, при других равных условиях, достоверно обнаруживается лишь в присутствие сильных градиентов полей [2].

Экспериментальные возможности измерения распределения поля определяются как средствами измерения, так и природой объекта. Авторами использовался метод прямого измерения электрической составляющей поля зондом [3], позволяющий сканировать поле в воздухе и в жидких или гелевых средах. Сканирование поля внутри нативных тканей затруднено и возможно лишь в отдельных случаях.

Для плоскослоевых структур отработан алгоритм восстановления внутреннего поля по распределению поля на поверхности.

В силу большого разброса параметров, трудно определить общие для всех биологических объектов и излучателей закономерности распределения облучающего поля. Ограничиваясь плоскослоевыми поглощающими структурами (охватывающими довольно широкий класс объектов), находящимися в ближней зоне стандартного рупора, и диапазоном частот 25 - 78 ГГц, можно сформулировать следующие закономерности, могущие иметь значение для интерпретации экспериментальных результатов:

1) в полубесконечном пространстве (слой жидкости в чашке Петри) в направлении рапространения волны поле затухает экспоненциально при любой частоте и толщине слоя; с приближением размеров раскрыва рупора к длине волны в среде коэфицент затухания заметно увеличивается и его частотная зависимость становится немонотонной; если пространство состоит из нескольких слоев, имеющих диэлектрические параметры кожного покрова, жировой и мышечной тканей, затухание немонотонно;

2) частотная зависимость плотности потока мощности падающей на структуру волны, определенная по измерением в тракте, не совпадает с зависимостью внутреннего поля в структуре; наблюдаемый в таких условиях резонанс не является истинным; явление объясняется тем, что не все типы волн, образующиеся в рупоре, достигают поверхности структуры;

3) в плоскости слоя распределение поля на любой глубине имеет форму искаженного "колокола", в центре которого, в зависимости от частоты, имеется минимум или максимум; период изменения около 0,5 ГГц; когда толщина слоя меньше глубины проникновения поля, появляются дополнительные максимумы поля, расположение которых очень чувствительно к частоте;

4) распределения тепмературного и электрического полей точно совпадают лишь в тонком слое (около 0,1 мм для воды); в толстом слое температурное поле "размывается" за счет теплопроводности; коэфициент затухания температурного поля в направлении распространения волны всегда меньше электрического.

Литература

1. E. Cheever, J.B. Leonard, K.R. Foster. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, MTT-35, No 9, 1987, p. 865.
2. J. Požėla, E. Naruševičius, A. Pauža, K. Mikalauskas. Gen. Physiol. Biophys., 1987, p. 6.
3. Г.Т. Буткус. Радиотехника и электроника, т. 35, No 10, 1990, с. 2128.

Peculiarities of the EHF field spatial distribution in biological structures

G. Butkus, A. Pauža, K. Mikalauskas
Institute of Semiconductor Physics,
Goštauto 11, 232600 Vilnius, Lithuania

Summary

One of the most significant and hardly controlable parameters of the irradiating field is its spatial distribution. Knowing of it helps in correct interpretation of experimental data and better understanding of possible interaction mechanisms. This proposition is based on the results of experimental investigation of the EHF near field in various biological bodies made by means of electric field probe.

Once a biological body of rather simple shape and structure is placed in a near field region of any radiator, the induced intrinsic field may have a complex spatial distribution. Monitoring the field distribution inside the body or on it's surface is considered to have a dosimetric meaning and to lead to a reliable detection and better repetition of biological response. Certain integrals are suggested as dosimetric quantities.

Complex distribution of the intrinsic field may itself cause specific biological response. It is considered to be due to both field and temperature gradients which lead to transport phenomena.

Some peculiarities of the intrinsic field distribution in a layered loosy structures attached to standard horn in frequency range 25 to 78 GHz are formulated and discussed.

НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ мм-ВОЛН С КОЖЕЙ. КОРРЕКЦИЯ ГОМЕОСТАЗА

В.Г.Радионов
Луганский медицинский институт
Луганск, 348045, кв.Обороны Луганска I.

SOME INTERACTION MECHANISMS OF mm-WAVES AND SKIN. GOMEOSTASIS CORRECTION

V.G.Radionov

Lugansk Medical Institute
Lugansk, 348045, kw. Oborony Luganska, 1.

Реферат. Проведенное изучение у больных атопическим дерматитом клеточного и гуморального иммунитета, содержания гормонов гипофиза, щитовидной железы, коры надпочечников (кортикотропина, кортизола, тироксина, трийодтиронина, альдостерона и др.), а также 20 жизненно важных эссенциальных микроэлементов, играющих наряду с другими системами важную роль в регуляции гомеостаза, свидетельствует об изменениях, нуждающихся в определенной коррекции.

Под влиянием ЭМИ КВЧ концентрируются в месте иммунной реакции макрофаги и эозинофилы, функционируя как регуляторные клетки. Выделяемые эозинофилами ферменты инактивируют гистамин и другие медиаторы. Эозинофилы участвуют в фагоцитозе, активации макрофагов и разрушении комплекса антиген-антитело. Базофилы и тучные клетки связывают антитела класса IgE. Происходит постепенная элиминация общих ЦИК и содержание IgE, снижается в плазме количество общего IgE, эозинофилов, повышается уровень фибронектина, нормализуется хелперно-супрессорное соотношение, улучшается микрогемоциркуляция, снижается вязкость крови, что приводит к повышению оксигенации в дерме и гиподерме.

Введение. Более 20 лет назад высказанная идея академиком Н.Д.Девятковым о возможности воздействия ЭМИ мм-диапазона на биообъекты и биоструктуры не остается без внимания врачей всех спе-

циальностей, физиков, биофизиков, биохимиков, инженеров и др. Теоретические и экспериментальные исследования последних лет по взаимодействию мм-волн с кожей и подлежащими тканями, со всей сложной системой живого организма изложены в огромном количестве работ отечественных и зарубежных авторов. Представленный в 1983г.

H.Frohlich механизм генерации колебаний живыми организмами находит все большее подтверждение при изучении ответов клеток и биосистем на слабые и сверхслабые воздействия ЭМИ мм-диапазона. Из изложенного вытекает, что врачей и инженеров-разработчиков, физиков и др. одним из основных и принципиальных вопросов широкого использования методов КВЧ-терапии в практическом здравоохранении и исследовательской работе является вопрос об адекватной реакции больного на воздействие ЭМИ с учетом индивидуальных особенностей организма и резонансного характера воздействия, а также разработка методов объективизации "отклика" пациента в процессе подбора полосы частот излучения и его дозировки.

Результаты и обсуждение. С целью изучения ЭМИ КВЧ на некоторые цитологические показатели, компоненты гуморального иммунитета, иммунокомпетентных клеток, на местный иммунитет, центральную нервную систему, железы внутренней секреции, микроэлементы, исследовалась группа 200 больных нейродермитом. При этом использовались биохимические, реологические и термографические методы, определяли показатели клеточного иммунитета, проводили иммуноферментный и радиоиммунный анализ, атомно-абсорбционную спектрофотометрию и др. Всего проведена более 3000 исследований.

Различные клетки кожи, при равновесии сигналов к сенсибилизации, участвуют в координированном иммунном ответе. Обладая определенным специфическим аффинитетом или эпидермотропностью, при некоторых патологических состояниях, Т-лимфоциты из кожи способны диссеминировать во внутренние органы и обратно в кожу. Ответ не ограничивается только кожей,вовлекается весь организм пациента. Остается невыяененным вопрос о наиболее значительных нарушениях в системе иммунитета при различных клинических формах атопического дерматита и о проведении иммунокорригирующей и иммуностимулирующей терапии.

Иммуноглобулины человека, выполняющие функцию антител в орга-

низме, еще недостаточно изучены, в особенности IgE, к которому относятся реагины. Характерной особенностью данного класса, иммуноглобулинов является их высокое сродство с тканями собственно организма.

Количественное определение плазменных компонентов у больных проводилось методом твердофазного иммуноферментного анализа. Исследовали цитратную плазму, хранившуюся не более двух месяцев при - 20°С и размороженную при 37°С. Изменение окраски смеси в лунках планшета регистрировали на микрофотометре "Multiskan" фирмы Flow при длине волны 492 нм. Количество исследуемого вещества рассчитывали на ЭВМ типа IBM. ЭМИ КВЧ оказывает не только местный, но и общий иммуномодулирующий и иммуностимулирующий эффекты, которые зависят от исходного функционального состояния иммунной системы и правильно подобранной индивидуальной биорезонансной частоты.

Внешнее облучение мм-волнами имитирует вырабатываемые организмом сигналы управления жизнедеятельностью, обеспечивает единую реакцию системы и эффективное воздействие не только на энергетические, но и на информационные преобразования в биологических мембранах. Важными элементами по приему информации и контролю ответа каждой клетки являются наружные клеточные рецепторы, которые в свою очередь тесно связаны посредством большого количества белков с цитоплазмой, имеющей сложный механизм саморегуляции.

Можно предположить, что информативный сигнал ЭМИ с естественной величиной порога мощности около 10^{-19} Вт/см^{2}Гц, поглощаясь основными структурными единицами кожи, концентрируется в месте воздействия, где наблюдается хемотаксис с улучшением хеморецепции, происходит экспрессия специфических гормональных рецепторов Т-клетками с усиленной их пролиферацией, что соответствует положительной динамике кожного процесса в месте воздействия. Далее сигнал передается в двух направлениях. Первое,- от БАТ по меридианам к внутренним органам, затем посредством афферентных волокон (висцересенсорных) сигнал поступает в задние корешки спинного мозга, в кору головного мозга. Ответственные участки коры, имея до этого патологический очаг возбуждения функционально измененного органа, получив дополнительный импульс ЭМИ, дают больному информацию в ви-

де субъективных ощущений. Время прохождения сигнала ЭМИ и наблюдаемая в течении 30-50 секунд сенсорная деприваций равны.

Второе прохождение сигнала - от чувствительных рецепторов кожи, заложенных в собственно дерме, по афферентным (соматосенсорным) волокнам, входящим в состав задних корешков, в задние рога спинного мозга и далее через спинной, продолговатый мозг в очаг возбуждения коры головного мозга. Одако такой путь мало приемлем, так как время сенсорного ответа на внешнее воздействие ЭМИ КВЧ сократилось бы в сотни раз.

Как же включаются органы и системы в ответ на внешнее воздействие ЭМИ мм-диапазона?

Происходит функциональное восстановление специфических рецепторов с изменением величины мембранного потенциала на разных популяциях иммунокомпетентных клеток для гормонов, нейромедиаторов, нейропептидов и регуляторных пептидов с дальнейшей способностью индуцировать различные изменения в нейронах и глиальных клетках, осуществляя и обратное взаимодействие. Это прослеживается на клиническом материале. При нейродермите основную этиопатогенетическую роль играют нарушения функции высших отделов ЦНС. Нестерпимый, иногда биопсирующий зуд кожи усиливает у больного невротические расстройства. В коре головного мозга формируется очаг возбуждения, который в дальнейшем поддерживает жестокий зуд и ухудшает течение нейродермита. Создается замкнутый порочный круг: дермо-кортикальный, кортико-дермальный. Происходит истощение нервной системы, появляется эмоциональная лабильность, астения, бессонница. Под влиянием ЭМИ КВЧ включается гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система. Активированный гипоталамусом гипофиз выделяет АКТГ, который в свою очередь стимулирует кору надпочечников к выработке дополнительных доз противовоспалительных кортикостероидных гормонов. Происходит стимуляция естественных защитных сил и улучшение метаболических процессов в организме больного. Наряду с этим обеспечивается адекватное перераспределение эссенциальных микроэлементов, повышается их биологическая активность и эффективность в обменных процессах.

Несомненно, ЦНС и спинной мозг не являются интактными по отношению к ЭМИ КВЧ, как и другие органы и системы.

Наблюдаемое у больных повышение температуры дистальных отделов конечностей, является следствием активации периферического кровотока и как результат нервно- вегетативной реакции организма. У некоторых пациентов в состоянии физиологического сна отмечались устойчивые циклические изменения периферического кровотока с периодичностью 30-90 секунд, связанные, вероятно, с колебаниями тонуса вегетативной нервной системы.

Изложенный материал свидетельствует о том, что механизм взаимодействия мм-волн с кожей и организмом в целом достаточно сложен и требует дальнейшего всестороннего излучения. Только союз врачей, инженеров, физиков, биофизиков, биохимиков, патофизиологов и др.специалистов может принести ощутимые результаты в изучении данной проблемы.

Summary: Under the influence of EME mm-Range stabilization of skin helper-suppressor correlation, elimination of the CIC-containing IgE, lowering of the general IgE, eosinophils and the rising of the fibronectin level take place which speaks in favour of the positive dynamics in the skin process.

ЛИТЕРАТУРА

I. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Обзор работ, выполненных за последние IO-I5 лет по применению мм излучения низкой интенсивности в медицине.- В кн.: Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения низкой интенсивности. М., I987, с.7-I3.

2. Петров И.Ю., Бецкий О.В. К вопросу о механизме биологического действия низкоинтенсивного электромагнитного миллиметрового излучения.- В кн.: миллиметровые волны в медицине и биологии/ Под ред. акад. Н.Д.Девяткова.- М.: ИРЭ АН СССР, I989, с.242-248.

3. Радионов В.Г. Взаимодействие электромагнитных волн мм-диапазона с кожей, влияние на гомеостаз и пути передачи информации.- Аппараты "Электроника-КВЧ" в биологии и медицине/ Под ред. Л.Г.Гассанова. - Киев: I990, с. 4I-43.

4. Скрипкин Ю.К., Сомов Б.А., Бутов Ю.С. и др. Клинико-иммунологические параллели при нейродермите//Сов.медицина.-I970,№ 9,-с.28-33.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЖИ МЕТОДОМ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

Е.Е.Чигряй, Ю.Г.Яременко
Институт радиотехники и электроники АН СССР,
103907, Москва ГСП-3, Манежная пл.6

Реферат. Среди проблем КВЧ-терапии остаются актуальными исследования электрофизических свойств кожи. Работы, опубликованные к настоящему времени, не дают удовлетворительного ответа на вопрос о механизмах взаимодействия с кожными покровами и не позволяют оптимизировать процесс лечебного облучения. Целью данной работы было создание рефлектометрической методики измерения комплексного коэффициента преломления электромагнитных волн КВЧ-диапазона в кожных покровах человека. Разработанная методика с использованием вспомогательной диэлектрической пластины позволила провести измерения параметров живой кожи в диапазоне 25-78 ГГц. Найдены отличия в свойствах различных участков кожи. Отмечено, что эти отличия гораздо выше индивидуальных различий параметров одного и того же участка кожи у разных людей.

Обсуждаются возможности применения разработанной методики и полученных согласующих пластин в практической КВЧ-терапии. Указывается, что такие рефлектометры могут быть полезны при разработке следующего поколения КВЧ-аппаратуры - приборов с обратной биологической связью.

Введение. В подавляющем большинстве случаев при лечебном КВЧ-воздействии облучаются кожные покровы. Поэтому кожа - важнейший объект исследований, без которого не могут быть изучены физические механизмы КВЧ-воздействия на живой организм /1/. Недостаточные данные об электрических параметрах кожи человека не позволяют достичь наибольшего эффекта и в практических задачах КВЧ-терапии.

Результаты опубликованных исследований /2-5/ в какой-то мере противоречат друг другу. Так в /2/ указано на индивидуальную частотную зависимость коэффициента преломления от различных участков кожи и даже на наличие по этому параметру узких резонансных частот. В /3-4/ параметры кожи описываются плавными дисперсионными зависимостями и о различии свойств кожи не упоминается. В /5/ отмечается динамика изменения КСВ при облучении БАТ больных язвенной болезнью, в то же время при облучении индифферентного участка кожи такая динамика отсутствует.

Методика. Для измерения параметров живой кожи предложен и разработан контактный метод с применением вспомогательной диэлектрической пластины (МВП). Этот метод реализован на стандартной аппаратуре КВЧ-диапазона – на панорамных измерителях КСВ (Р2-65, Р2-68, Р2-69). Идею метода иллюстрирует рис.I, на котором приведены осциллограммы отраженного сигнала. Верхняя осциллограмма соответствует сигналу, отраженному от рупора, закрытого металлической заглушкой (коэффициент отражения R = I). Нижняя осциллограмма – сигнал, отраженный от диэлектрической пластины. Он носит интерференционный характер. Так как пластина изготовлена из материала с малыми потерями коэффициент отражения в точках минимума $R^{*}_{min} = 0$. Во втором опыте наблюдается частотная зависимость Р от той же пластины, но с прижатым к ней участком кожи (средняя осциллограмма). При этом происходит смещение частот минимумов и значения R_{min} уже $\neq 0$. Измеряются величины сдвига частоты минимума ΔF и значения R_{min}. Знание этих двух величин позволяет рассчитать комплексный коэффициент преломления кожи $\hat{n} = n_1 + i\chi$ на частоте, соответствующей R_{min}. Изменив толщину пластины, можно сместить положение минимумов по частоте и получить таким образом частотную зависимость коэффициента преломления кожи /6/.

Результаты и обсуждение. Согласно изложенному методу были проведены измерения параметров кожи у нескольких испытуемых людей. Для измерений была выбрана кожа ладони и внутренней части предплечья. Оказалось, что измеренные значения ΔF и R_{min} сгруппированы таким образом, что указывают на различие свойств разных участков кожи значительно большее, чем наблюдаемые различия между параметрами одного и того же участка кожи у различных испытуемых. После усреднения значений ΔF и R_{min} был совершен пересчет на комплексный коэффициент преломления $\hat{n} = n_1 + i\chi$ и коэффициент затухания волны в коже α. Зависимость n_1 (сплошные линии) и χ (штриховые) от частоты изображена на рис.2а. На этом же рис. приведены значения n_1 и χ, рассчитанные согласно модели /3/. Зависимость коэффициента поглощения приведены на рис.2б. Поглощение в коже предплечья близко к поглощению в чистой воде. Поглощение в коже ладони гораздо меньше. Но и тот, и другой коэффициенты заметно выше данных модели /3/. Это можно быть объяснено тем, что в /3/ опыты проводились с отторженной и, по-видимому, несколько обезвоженной кожей.

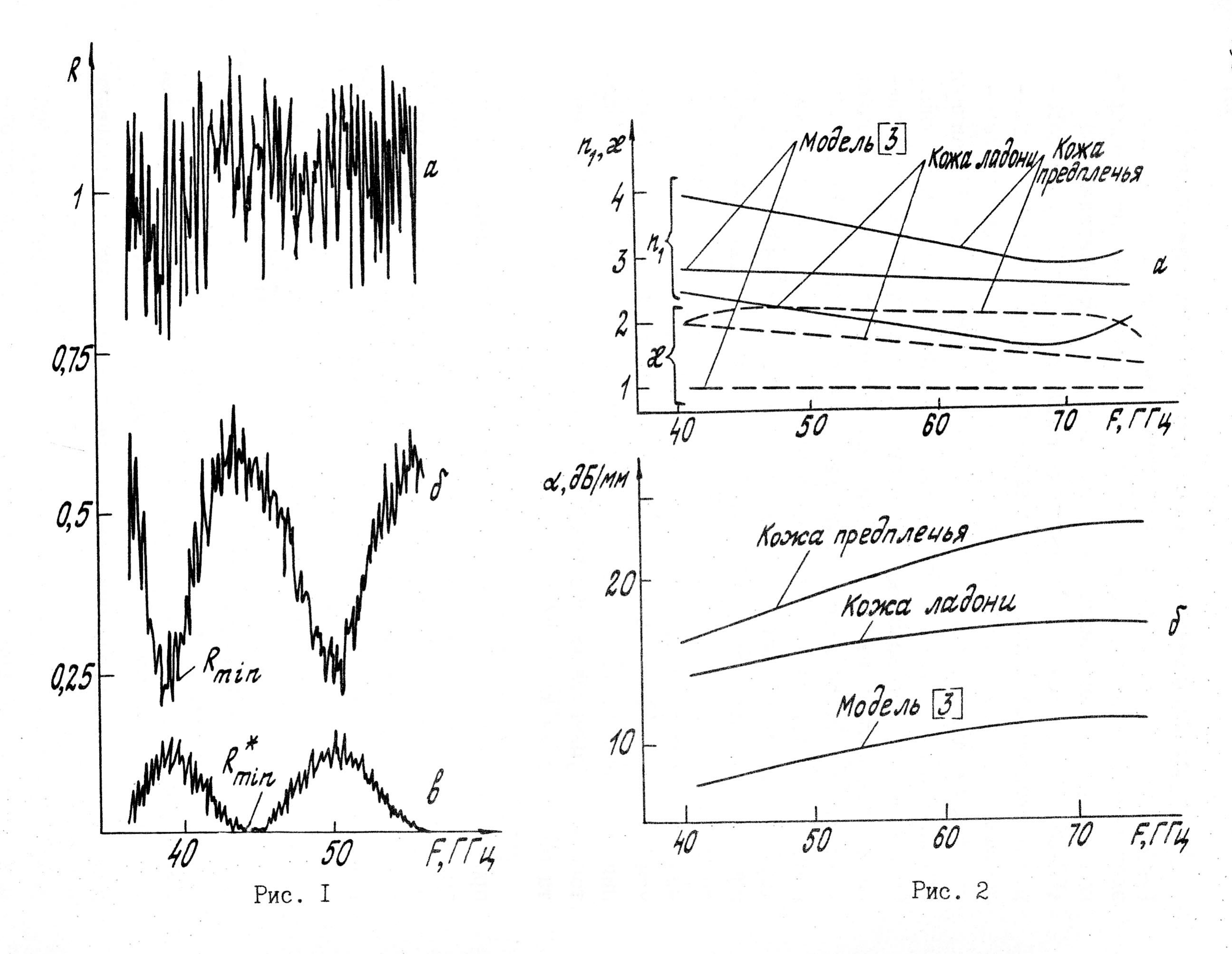

R
1
0,75
0,5
0,25
а
б
в
R_{min}
R^{*}_{min}
40
50
F,ГГц
$n_1, æ$
4
3
2
1
n_1
æ
Модель [3]
Кожа ладони
Кожа предплечья
а
40
50
60
70
F,ГГц
α, дБ/мм
20
10
Кожа предплечья
Кожа ладони
Модель [3]
б
40
50
60
70
F,ГГц

Рис. I

Рис. 2

Рассмотрим еще одну возможность использования полученных результатов в практической КВЧ-терапии. Можно, зная n кожи, рассчитать и изготовить согласующие диэлектрические пластины для любого участка кожи на используемых лечебных частотах. Изготовленные образцы пластин обеспечивают идеальное согласование (коэффициент отражения составляет доли процента) на заданных частотах в полосе 100 МГц. Таким образом, согласующие пластины оптимизируют доставку КВЧ-энергии, формирование пятна засветки и ее поглощения в коже.

Кроме этого, такой режим облучения позволяет использовать малый отраженный сигнал как управляющий сигнал в цепи обратной связи. Если свойства кожи (и, в частности, коэффициент преломления) хотя бы незначительно изменяются при облучении, именно такая схема нуль-детектора позволяет наиболее легко их зарегистрировать. При наблюдении отражения от границы воды с согласующей пластиной и при незначительном нагреве воды (на 2-3°) отраженный сигнал увеличивался в несколько раз.

Литература.

1. Бецкий О.В., Ильина С.А. Кожа и проблема взаимодействия мм волн с биологическими объектами. Сб. "ММ волны в медицине и биологии", М., 1989, с.296.
2. Диденко Н.П. и др. Особенности частотной зависимости коэффициента отражения от поверхности тела человека в мм диапазоне волн. Сб. тезисов "Применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", М., 1989, с.122.
3. Mashimo S. et al., Dielectric relaxation time and structure of bound water in biological Materials, J. Phys. Chem., 1989, v.91, N 25, p.6337.
4. Калмыков Ю.П. Моделирование дисперсии и поглощения электромагнитного излучения мм диапазона в коже. В сб. /1/ с.284.
5. Пясецкий В.И., Писанко О.И. Динамическое состояние больных язвенной болезнью при КВЧ-терапии. Сб. "Аппараты "Электроника КВЧ" в биологии и медицине", М., 1990, с.18.
6. Чигряй Е Е., Яременко Ю.Г. Миллиметровые волны в медицине: Сб. - М.: ИРЭ АН СССР, 1991.

REFLEXOMETRY METHOD OF INVESTIGATION OF THE SKIN ELECTRIC PARAMETERS

Chigrjay E.E.,Yaremenko Yu.G.
Institute of Radioengeneering and Electronics of Acad.Sci. USSR.
103907, Moscow GSP-3, Manezhnaya sq. 6.

Investigations of the electrophysical properties of human skin remain among actual problems of the EHF therapy. Until now published papers do not give a satisfactory answer about mechanism of interaction of electromagnetic waves with skin and do not allow to optimize the process of irradiation.

The objective of the work was to develop reflexometry techniques for measuring the complex index of refraction for EHF electromagnetic waves in human skin. Parameters of live skin were measured in a frequency range from 25 to 98 GHz. Different properties of different skin areas were observed. It is noted that the latter exceed by far those that are usually obtained for the same skin areas in different humans.

The possibilities of applications of the developed method and obtained interface matching plates in the practical EHF-therapy are discussed it is pointed out that such reflectometry techniques can be used for advanced EHF devices with biological back-coupling.

О РЕЗОНАНСАХ ПОГЛОЩЕНИЯ КВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛОСКОСЛОИСТЫХ МОДЕЛЯХ КОЖИ

В.Н.Баланцев, В.А.Пермяков, И.Л.Расковская,

Московский энергетический институт,

111250 Москва, Красноказарменная I4

Реферат. Исследованы частотные зависимости коэффициентов отражения (поглощения) КВЧ излучения в плоскослоистых моделях кожи. На этих зависимостях обнаружены ярко выраженные резонансы, подтверждающие возможность практически полного резонансного поглощения даже в средах с высокими потерями. В качестве модельной рассматривалась задача нормального падения плоской волны на трехслойную систему. Диэлектрическая проницаемость каждого слоя определялась соответствующим содержанием воды в слое и вычислялась по аппроксимационной формуле Дебая.

Для участков кожи с относительно толстым роговым слоем (около I00 мкм), который в модели принимался "сухим",резонансы поглощения наблюдаются на частотах порядка 300 Ггц при вариациях содержания воды в зернистом слое от I0 до 47%. При уменьшении толщины рогового слоя до I5÷25 мкм, что соответствует большей части поверхности кожи, выраженные резонансы находятся в диапазоне более высоких частот (I000÷2000 Ггц) и являются менее острыми,чем в случае толстого слоя при том же содержании воды.

Введение. Частотные зависимости коэффициентов отражения (поглощения) КВЧ излучения в плоскослоистых моделях кожи, исследованные численно в / I/ не обнаружили резонансных эффектов поглощения волн. Одна из причин "ненаблюдаемости" резонансов в численных исследованиях могла быть связана с выбором частных значений параметров модели, не соответствующих условиям резонанса, в то время как параметры кожи реальных объектов, меняясь в широких пределах в совокупности экспериментов "in vivo", могут в одной из реализаций попасть на резонанс поглощения. Исходя из этого, мы провели детальные численные исследования коэффициентов отражения и поглощения КВЧ излучения в плоскослоистых моделях кожи.

Постановка задачи. За основу была взята модель / 2 /, предполагающая дифференцировку кожи на слои, отличающиеся только содержанием воды, в связи с ее определяющей ролью в процессах поглощения радиоволн миллиметрового диапазона. Такой подход дает возможность объединить традиционные морфологические слои кожи / 3 /, содержащие одинаковый процент воды, и принять в качестве исходной простую трехслойную модель (см. рис. I)

$\varepsilon_1 = 1$			
ε_2	роговой слой	0% H_2O	} d_2
ε_3	блестящий и зернистый слои	I0÷47% H_2O	} d_3
ε_4		70% H_2O	

Рис.1. Плоскослоистая модель кожи

Здесь d_2 – толщина рогового слоя эпидермиса, который предполагается "сухим" (содержание воды 0%), а d_3 – общая толщина объединенных блестящего и зернистого слоев. Оставшиеся слои эпидермиса и собственно кожи моделировались полупространством с содержанием воды 70%.

Предполагается, что плоская электромагнитная волна падает из полупространства с диэлектрической проницаемостью ε =I, нормально к поверхности кожи. Коэффициент отражения по мощности $R=|r|^2$ для данной системы слоев вычисляется на основе рекуррентного применения формулы из / 4 / для амплитудного коэффициента отражения r от диэлектрического слоя с потерями.

Для вычисления комплексной диэлектрической проницаемости слоев использовалась модель Дебая для чистой воды /I/ :

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_\infty + \Delta\varepsilon_n/(I + i\omega\tau_d) , \quad \Delta\varepsilon_n = p_n \Delta\varepsilon ,$$

где p_n -доля воды в n-м слое, ε_∞ =4.18, $\Delta\varepsilon$=70, τ_d=0.64*10^{-12} с, при температуре 36°С.

Результаты и обсуждение. Для нахождения резонансов поглощения решалась задача минимизации коэффициента отражения R посредством вариации параметров плоскослоистой модели кожи. В пределах, задаваемых реальными ограничениями модели / 2 /, варьировались толщина рогового слоя d_2=15÷100 мкм, общая толщина блестящего и зернистого слоев d_3 =30÷60 мкм и процентное содержание воды $p_з$=10÷47% .

Численными исследованиями было показано, что при определенных толщинах слоев и содержании воды возможно практически полное поглощение. Так, при толщине рогового слоя порядка 100 мкм и содержании воды в зернистом слое 15÷30% резонансное поглощение наблюдается на частотах около 300 ГГц, причем для всех достаточно больших величин d_2 (d_2>40) варьированием содержания воды достигаются очень глубокие ($R=10^{-7}$) резонансы (Рис.2).

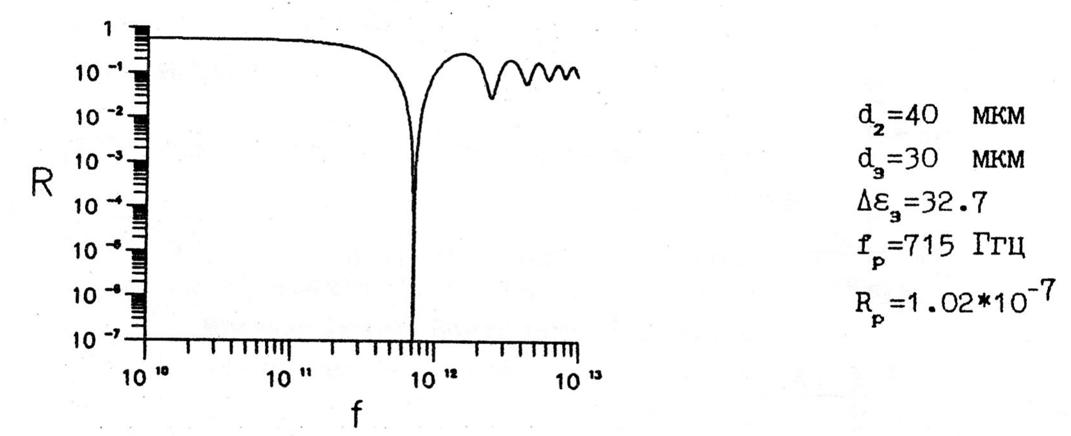


Рис.2. Резонанс поглощения в коже с толстым роговым слоем

При уменьшении толщины рогового слоя до 15÷25 мкм резонансы поглощения могут наблюдаться в диапазоне более высоких частот: 1000÷2000 ГГц, но при тех же значениях содержания воды $p_з$ они становятся менее выраженными ($R=10^{-3}$).

На рис. 3 изображены частотные зависимости коэффициента отражения, иллюстрирующие влияние содержания воды $p_з$ на степень резонансного поглощения.Здесь предполагалось d_2=25 мкм, $d_з$=55 мкм при содержании воды 20%, 35%, 47% . При увеличении содержания воды, то есть при увеличении потерь в слое, наблюдаются более острые резонансы, что подтверждает возможность выраженного резонансного поглощения в слоистых моделях с высокими потерями.

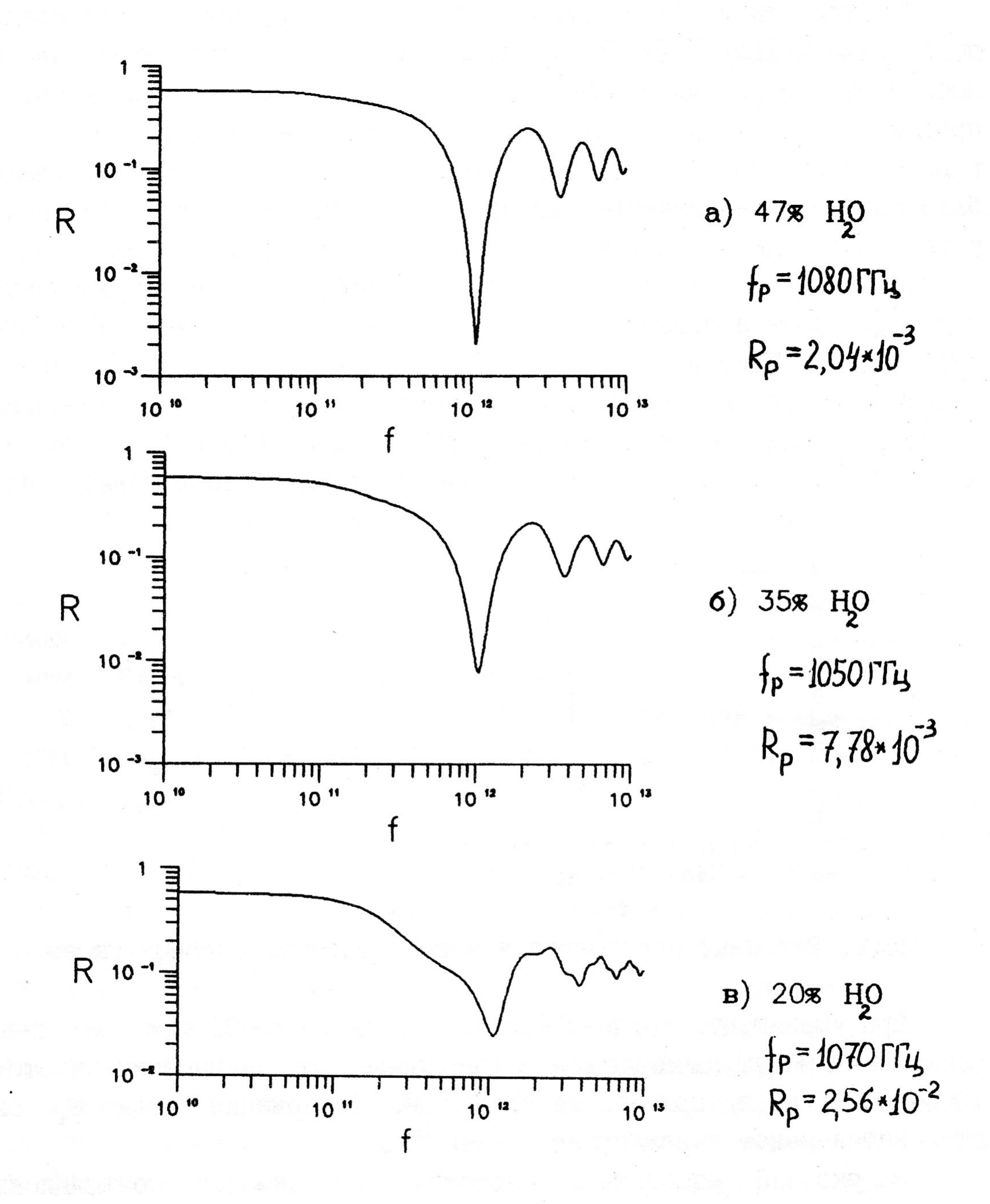


Рис 3. Резонансное поглощение в коже при различном содержании воды в зернистом слое. Зависимость энергетического коэффициента отражения R от частоты f (Гц)

ЛИТЕРАТУРА

I. Ю.П.Калмыков. Моделирование дисперсии и поглощения электромагнитного излучения миллиметрового диапазона длин волн в коже // сб. Миллиметровые волны в медицине и биологии /под ред. Н.Д.Девяткова. -М: Ин-т радиотехн. и электроники, 1987, с.284 .

2. И.В.Родштадт. Некоторые морфо-физиологические предпосылки и ограничения для моделирования физических процессов в коже при воздействии на нее миллиметровыми радиоволнами // Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения: Сб. статей/ Под ред. Н.Д.Девяткова. -М.:Ин-т радиотехн. и электроники АН СССР, 1987, с.207-214.

3. Кожа: строение, функция, общая патология и терапия. /Под ред. Фролова Е.П., Чернуха Н.Н. -М.:Медицина, 1982, с.76-140.

4. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Электродинамика сплошных сред.- М: Наука, 1982, с.412.

THE MICROWAVE-RANGE RESONANCE ABSORPTION IN MULTILAYERED MODELS OF THE SKIN

V.N. Balantsev, V.A. Permyakov, I.L. Raskovskaya,
Moscow Power Engineering Institute,
111250 Moscow, Krasnokazarmenaya 14.

The multilayered model of the skin illuminated by plane-wave is considered and the power reflection coefficient R is computed. The computational results are presented on the plots of the reflection coefficient R as a function of frequency f. The analisis of the computed data shows that there are reflection (absorption) resonances in the microwave frequency-range.

The complex permittivity ε_n of each layer is determined by aqueous contents and computed by Debay formula.

For the skin-models with thick (15÷25 mkm) and with thin (15÷25 mkm) corneous layer the resonances are located in the frequency-range 200÷300 Ghz and 1000÷2000 Ghz respectively for 10÷47% of the aqueous contents in the grainy layer.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ НА ДВУМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ РУПОРНЫХ АНТЕНН С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В.Н.Баланцев, А.М.Лебедев, В.А.Пермяков, С.А.Плотников, В.В.Севастьянов. Московский энергетический институт, Москва, III250, Красноказарменная, I4,
А.Н.Кузнецов, Временный научный коллектив "КВЧ", Москва, I2I002, ул. Вахтангова, 4.

Реферат. Рассмотрены упрощенные двумерные волноводные модели рупорных антенн с поглощающими биологическими объектами(БО). Численное моделирование рассматриваемых систем представляет интерес в связи с экспериментальными исследованиями распределения удельной поглощаемой мощности (УПМ) в биологических тканях при облучении их близко расположенными рупорными антеннами КВЧ диапазона. Численный анализ показал сильную чувствительность распределения УПМ и электромагнитных полей в модели к изменению ее геометрических размеров и частоты излучения.

Введение. Экспериментальные исследования взаимодействия КВЧ излучения с расположенными в ближней зоне рупорной антенны биологическими объектами или модельными средами обнаружили сильную зависимость распределения УПМ от частоты излучения и расстояния между антенной и объектом/I/. Эта зависимость качественно объясняется тем, что рупорная антенна с поглощающим объектом в ближней зоне может рассматриваться как резонатор с полупроводящей стенкой, в котором наряду с основным типом волны, возникают высшие типы волн вследствие переотражения поля между объектом и соответствующими критическими сечениями рупорной антенны/I,2/. Сильная чувствительность распределения УПМ в такой системе к изменению частоты, положения и формы БО должна приниматься во внимание как при физических исследованиях поглощения КВЧ излучения, так и при использовании КВЧ излучения в медицинской практике.

В настоящей работе проведено численное моделирование взаимодействия КВЧ излучения рупорных антенн с БО. Рассмотрены двумерные волноводные модели рупорной антенны с поглощающим объектом.

Постановка задач и методика их решения. Первая модель(будем

называть ее Н-плоскостной) соответствует рупорной антенне, расширяющейся в плоскости магнитного поля питающего волновода(см. рис. I). На рис. I цифрами обозначены: I-питающий волновод, возбуждаемый волной типа H_{10},2-секторный переход(аналог рупорной антенны), 3-широкий волновод с нагрузкой внутри в виде однородного плоского поглощающего слоя толщины d, смещенного на расстояние L от секторного перехода. Вторая модель (Е-плоскостная) представляет собой систему плоских волноводов, питающий волновод которой возбуждается Т волной, а секторный переход расширяется в плоскости вектора электрического поля падающей Т волны.

Наряду с однородным плоским слоем в Н-плоскостной модели рассмотрены более сложные виды биологических объектов: плоскослоистая структура и двумерно неоднородная структура с произвольной формой границы. Для решения поставленных задач используется принцип декомпозиции в сочетании с методом собственных функций для однородных областей и плоскослоистых сред, либо методом конечных элементов-для двумерно неоднородной области.

Предлагаемые двумерные модели качественно описывают распределение поля в плоскостях симметрии пирамидальной рупорной антенны; при этом, поскольку поглощающий образец предполагается помещённым в широкий волновод, пренебрегаем имеющим место в реальности уходом излучения рупорной антенны в стороны вне области раскрыва. Очевидно, последний фактор не должен сильно влиять на распределение УПМ при малых расстояниях между объектом и антенной.

Обсуждение численных результатов. Для предложенных моделей были составлены ЭВМ программы и проведены численные исследования структуры электромагнитного поля и УПМ в БО. Основные расчеты были проведены для Н-плоскостной модели с размерами 2a=6 мм, 2b=36 мм, $\alpha=30^{\circ}$, L_p=67 мм со слоем чистой воды при изменении частоты в пределах 30-40 ГГц,варьировании толщины слоя и смещения слоя относительно секторной части модели.

Влияние положения поглощающего слоя иллюстрируется рис. 2, где приведены распределения УПМ на передней стенке слоя толщиной 0,I мм для Н-плоскостной модели. Распределение УПМ дано в относительных единицах; за единичный уровень принят максимум УПМ при L=0. Видна резкая зависимость структуры УПМ от расстояния L. При L=0 структура УПМ в слое соответствует распределению $|E|^2$

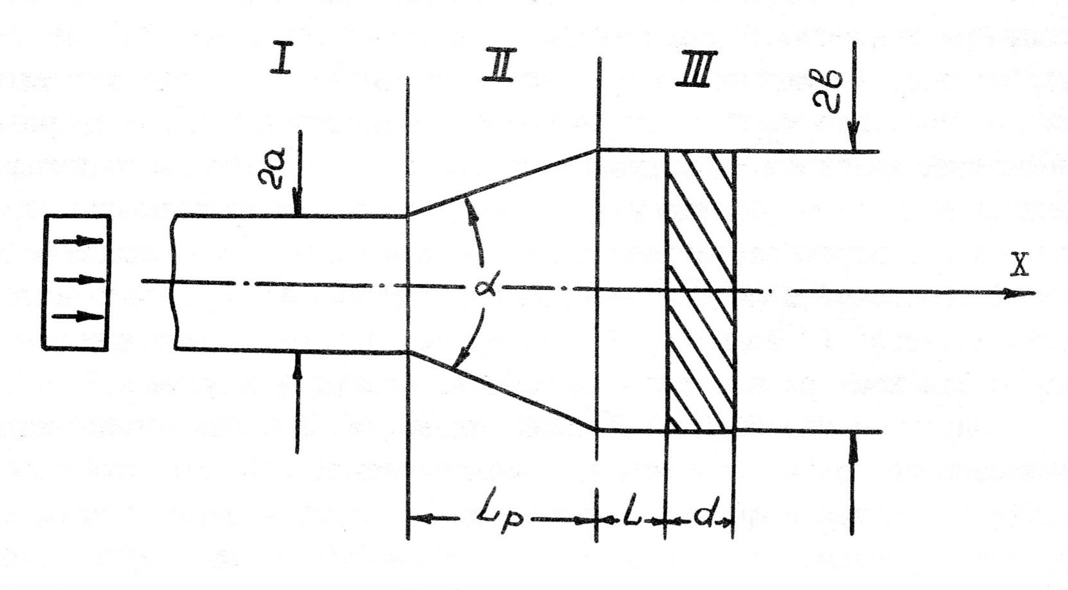


Рис. I

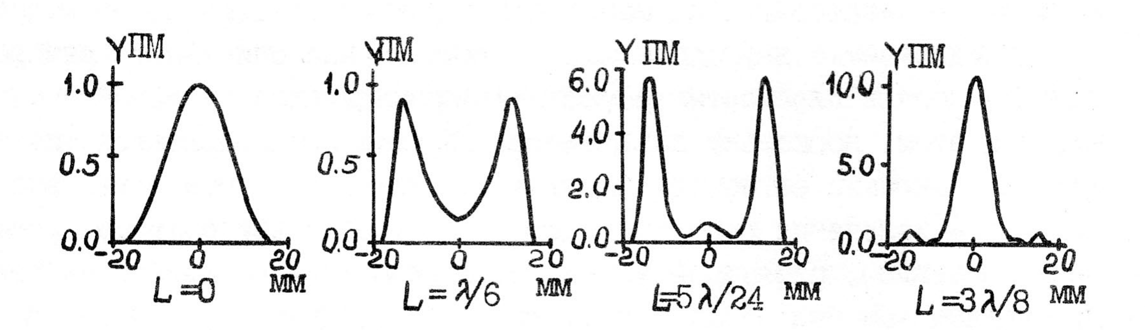


Рис. 2

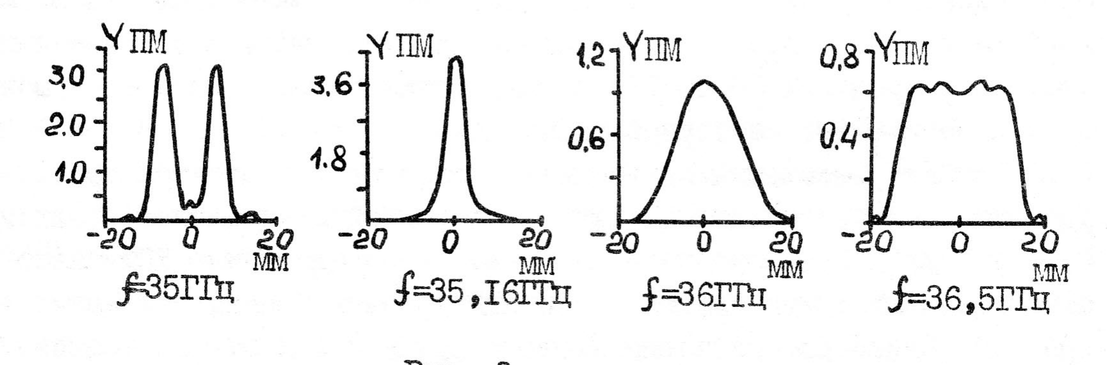


Рис. 3

основной моды незаполненного волновода. Смещение слоя на $L=\lambda/6$ приводит к изменению распределения УПМ от одногорбого($L=0$) до двугорбого ($L=\lambda/6$) и далее при $5\lambda/24 < L < 3\lambda/8$ формируется трехгорбое распределение УПМ. Положение максимумов УПМ при этом относительно первоначального смещается до $1,5\lambda$, ширина максимума по уровню 0,5 меняется в пределах $(0,3-1,6)\lambda$, величина максимума УПМ может возрасти более чем в 6 раз, а минимальное значение УПМ в центральной части -упасть более чем на порядок по сравнению с максимумом УПМ при $L=0$.

Эффекты резкой перестройки распределения УПМ наблюдаются также при изменении несущей частоты КВЧ излучения. Так, изменение частоты сигнала в пределах от 35,16 ГГц до 35 ГГц (относительное изменение частоты $\approx$ 0,0046) приводит к качественному изменению структуры поля от одногорбой к двугорбой (рис. 3). Столь резкое изменение структуры поля и УПМ, сопровождающееся перемещением максимумов УПМ в плоскости раскрыва антенны, может быть причиной наблюдения кажущихся "резонансов" в биологических объектах гетерогенной структуры, при размерах рецепторов или биологически активных "точек", соизмеримых либо малых по сравнению с длиной волны.В приведенных выше расчетах на частоте 35 ГГц ширина максимума УПМ по половинной мощности менялась от 13,3 до 3 мм,а смещение его в плоскости раскрыва антенны достигало 12 мм при перемещении поглощающего слоя на расстояние 1,73 мм, что при размере биологически активной точки,воспринимающей КВЧ излучение, порядка мм, может интерпретироваться как появление кажущегося "резонанса" с эквивалентной добротностью порядка нескольких сотен.

Проведенный нами анализ модовой структуры поля в Н-плоскостных и Е-плоскостных моделях рупорных антенн с различными видами нагрузок (слой, полупространство) подтвердил высказанное ранее предположение /1,2/ о формировании сложной структуры УПМ в поглощающей нагрузке вследствие интерференции основного и высших типов волн в резонаторе, образованном рупорной антенной и близко расположенным поглощающим слоем с $|\varepsilon| \gg 1$. Результаты, подтверждающие сильную зависимость УПМ от геометрии системы и частоты, получены также для плоскослоистых и двумерно неоднородных моделей БО.

Выводы. Численное моделирование подтверждает справедливость предположения о том, что рупорная антенна вместе с близко

расположенным БО представляет собой резонатор с относительно высокой добротностью, распределение поля в котором весьма чувствительно к изменению параметров системы. Результаты моделирования указывают на возможность реализации более сложных, по сравнению с обнаруженными в экспериментах, распределений УПМ (с тремя и более максимумами). Численное моделирование может быть полезным при выборе размеров антенн и девиации частоты приборов КВЧ излучения, разрабатываемых для практических применений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бецкий О.В., Петров И.Ю., Тяжелов В.В., Хижняк Е.П., Яременко Ю.Г. ДАН СССР, 1989, т. 309, № 1,с.230-233.

2. Хургин Ю.И., Бецкий О.В., Перевитинова Н.Г., Перепечкина Т.Л. Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения. М.: ИРЭ АН СССР, 1987, с. 193-201.

NUMERICAL INVESTIGATION OF SAR DISTRIBUTION IN TWO-DIMENSIONAL MODELS OF HORN ANTENNAS WITH BIOLOGICAL OBJECTS

V.N.Balantsev, A.M.Lebedev, V.A.Permjakov, S.A.Plotnikov, V.V.Sevastjanov, Moscow Power Engineering Institute, 111250 Moscow, Krasnokazarmennya,14,
A.N.Kuznetsov, Temporary Scientific Group "KVCH", 121002, Moscow, Vachtangova 4.

Two-dimensional models of H-plane and E-plane horn antennas with absorbing biological objects (BO) are considered. BO are assumed to be in wide waveguide with 3-4 wavelength dimension, which is a continuation of the horn. BO are modeled by plane layer, multilayered media, or two-dimensionaly inhomogeneous media with arbitrary border. Solution is obtained by eigenfunction method or by finite element method. It is concluded that antenna and BO represent resonator with relatively high Q. SAR distribution is shown to be very sensitive to variation of eigther system geometry or radiation frequency: transversal SAR distribution may change from such having one maximum to having two maximums due to a relative frequency change about 0.005. These results are in qualitative agreement with experimental data. The effect of BO surface shape and inhomogeneity on SAR distribution is studied numerically.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ФТАЛОЦИАНИНАХ МЕТАЛЛОВ

И.А.Балабин, В.А.Перевощиков, А.Ю.Потапов
Институт радиотехники и электроники АН СССР,
I03907, Москва, ГСП-3, просп.Маркса, I8

В последние несколько лет заметно активизировались работы по исследованию свойств соединений класса фталоцианинов металлов (PcMe), что связано, в частности, с перспективами использования этих веществ в молекулярной электронике [I]. Фталоцианины обладают рядом привлекательных технологических свойств: они легко синтезируются, очищаются и наносятся на подложки, устойчивы к воздействию высоких (до 400-500°С на воздухе) температур, сильных кислот и оснований [2,3]. Сравнительно хорошо изучена молекулярная и кристаллическая структура фталоцианинов [3,4]. Представляют существенный интерес оптические и электрофизические свойства фталоцианинов, в частности, наличие интенсивных полос поглощения в оптическом диапазоне, фотопроводимость и фотоэлектрический эффект, а также эффект переключения из диэлектрического состояния в металлическое (скачок проводимости более чем на десять порядков) под действием постоянного электрического поля [5-7]. С другой стороны, фталоцианины являются естественными органическими красителями, играющими важную роль в процессах переноса энергии и заряда в биологических объектах [3]. Исследование их свойств в диапазоне миллиметровых волн оказывается полезным для понимания физических механизмов взаимодействия миллиметрового излучения с биологическими объектами.

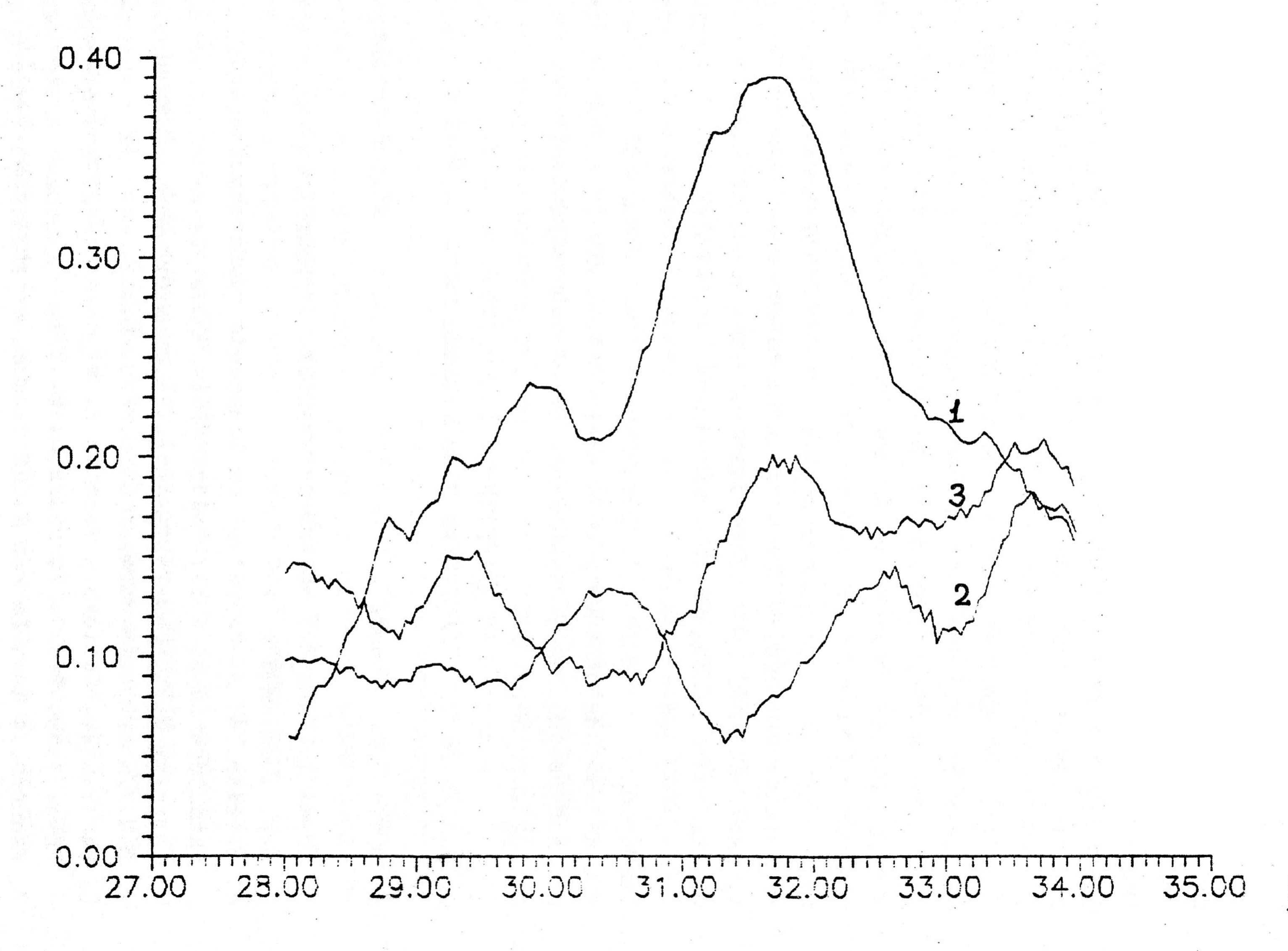
Благодаря названным особенностям большое внимание уделяется исследованию электрофизических свойств фталоцианинов в различных частотных диапазонах, вплоть до миллиметрового. Имеется значительное количество работ, относящихся к последнему вопросу (например, [8]). Однако в них, как правило, измерялись температурные зависимости диэлектрической проницаемости и проводимости лишь на одной фиксированной частоте, определяемой параметрами генератора миллиметрового излучения

и не связанной с особенностями исследуемого образца. Частотные зависимости не исследовались (за исключением работы [9], в которой измерялась проводимость фталоцианина меди в диапазоне 1 МГц - 10 ГГц). Такой подход не позволяет достаточно эффективно изучить температурные зависимости вследствие произвольного выбора частоты. В связи с этим представляет актуальность исследование частотных зависимостей электрических характеристик фталоцианинов в миллиметровом диапазоне. Данная работа посвящена первому этапу в решении этой задачи - исследованию спектров поглощения миллиметрового излучения в фталоцианинах. Появление в спектре полос поглощения должно указывать на частоты, на которых можно ожидать особенностей в поведении электрических характеристик исследуемых образцов, и, соответственно, нетривиальных эффектов при исследовании температурных зависимостей.

Для исследования спектров поглощения фталоцианинов была использована установка на основе КВЧ-генератора со сканированием частоты. Генератор был нагружен на волноводный тракт, состоящий из образца, поглотителя и трех направленных ответвителей с датчиками для измерения интенсивностей соответственно падающей, отраженной и прошедшей волн. Образцы представляли собой слои порошка фталоцианина толщиной от 1 до 10 мм с плоскими границами, перпендикулярными поверхности волновода. Датчики были функционально связаны с ПЭВМ класса IBM PC AT, что обеспечивало полную автоматизацию снятия спектров.

Полученные результаты представлены на рисунке 1, на котором показаны спектры поглощения фталоцианинов свинца (кривая 1), никеля (кривая 2), цинка (кривая 3) в диапазоне 28-34 ГГц, усредненные по пяти образцам для каждого вещества. На спектре поглощения PcPв обращает на себя внимание отчетливо выраженная полоса поглощения с центральной частотой около 31.5 ГГц и шириной порядка 3 ГГц. В отличие от этого снятые для сравнения спектры поглощения PcNi и PcZn имеют плавный характер без выраженных отдельных полос поглощения, а величина поглощения существенно меньше, чем для PcPb .

Таким образом, обнаружено существенное различие между спектрами поглощения миллиметрового излучения во фталоциани-


0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
27.00
28.00
29.00
30.00
31.00
32.00
33.00
34.00
35.00
1
3
2

нах свинца и остальных исследованных веществ. Можно предположить, что такое различие связано с особенностями структуры фталоцианина свинца. В молекулах последнего ион металла находится не в плоскости фталоцианинового кольца, как в молекулах фталоцианинов никеля и цинка, а смещен из нее в одну или другую сторону на расстояние в несколько десятых долей ангстрема (точное значение зависит от типа упаковки молекул в кристалле [3,6]). Вследствие этого в кристаллах фталоцианина свинца возможен структурный переход типа беспорядок-порядок, с которым, в частности, связываются скачки проводимости [6,7].
В связи с этим соотношение упорядоченной и неупорядоченной фаз может оказаться чувствительным к воздействию миллиметрового излучения, что должно отразиться на электрических характеристиках веществ, в том числе и на величине поглощения излучения. Для проверки этого предположения можно предложить исследование проводимости образца при воздействии миллиметрового излучения в зависимости от его частоты. Появление особенностей проводимости, коррелирующих с частотной зависимостью поглощения миллиметрового излучения, могло бы с определенной достоверностью указывать на существование рассматриваемого фазового перехода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Honeyborn C.L. // J.Phys.Chem.Solids. 1987. V. 48 N 2. P. 109.
2. Moser F.H., Thomas A.L. // Phtalocyanines. N.Y.: Reinhold. 1963. 365 p.
3. Симон Ж., Андрэ Ж.-Ж.//Молекулярные полупроводники. М.: Мир. 1988. 249 с.
4. Berezin. B. // Coordination Compounds of Porphyrins and Phtalocyanines. N.Y.: Wiley. 1981. 338 p.
5. Гальперн М.Г., Самигулина Н.Г., Постникова О.А., Мокшин В.М.//Химическая физика. 1990. № 6. С.859.
6. Machida Y., Saito Y., Taomoto A. et al. // Japan. J.Appl. Phys. 1989. Pt. 1. V. 28. N 2. P. 297.
7. Frauenheim Th., Hamann C., Muller M. // Phys.Stat.Solidi. 1984. Pt. a V. 86. N 2. P. 735.
8. Quirion G., Poirier M., Gastonguay M.et al. // Phys. Rev. 1990. Pt. B. V. B42. N 5. P.2831.

9. Fendley J.J., Jonscher A. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1973. V. 1. N 6. P. 1213.

I.A.Balabin, V.A.Perevoschikov, A.Yu.Potapov
Institute of Radioengineering & Electronics USSR Acad. Sci.,
103907, Moscow, GSP-3, K.Marx avenue, 18.

THE INVESTIGATION OF MILLIMETRIC WAVE ABSORPTION IN METAL PHTHALOCYANINES

Absorption spectra of the samples of lead, nickel and zinc phthalocyanines were investigated in frequency range 28-34 GHz. Explicit absorption band was detected in the spectra of lead phthalocyanine with central frequency 31.5 GHz. Possible nature of observed band is discussed in connection with structural phase transition in lead phthalocyanine.

ПОЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ ВОДЫ

В.И.Гайдук, Т.А.Новскова

Институт радиотехники и электроники АН СССР

103907, Москва, просп. Карла Маркса, 18, СССР

Разработка молекулярной модели жидкой воды, различных ее состояний в биологических объектах и моделей водных растворов – актуальная задача. В частности, большую информацию о динамике и структуре воды можно получить, сопоставляя различные микроскопические модели и спектры диэлектрической релаксации воды, обусловленной переориентациями полярных молекул H_2O. Эти спектры очень широкие – до частот $\nu \sim 1000$ см$^{-1}$, соответственно можно выявить временные и пространственные масштабы молекулярных событий. Прикладная сторона этой проблемы – расчет диэлектрических параметров воды и водных систем, например, в КВЧ диапазоне.

Поскольку спектр поглощения воды в интересующей частотной области двухгорбый, с пиками α_R и α_L на частотах $\nu_R \sim 200$ см$^{-1}$ и $\nu_L \sim 700$ см$^{-1}$, имеются основания для применения двухструктурных моделей жидкой воды; в более общем плане можно говорить о бимодальности структуры воды, имея в виду, что пик α_L обусловлен фракцией L воды, находящейся в сетке водородных связей, а пик α_R – фракцией R молекул, имеющих бóльшую вращательную подвижность и способность к трансляциям через "дефекты" (пустоты) структуры воды. Для краткости эту фракцию именуем дефектами. Ранее авторами [1] была показана возможность описания диэлектрических спектров воды с помощью модели ограниченных ротаторов/обобщенной диффузии, или ОР/ОД. Модель ОР описывает вращательные качания (либрации) молекул фракции L в эквипотенциальном пространстве, задаваемом сектором с углом раскрыва 2β. Модель ОД описывает движение дефектов в виде свободного вращательного движения в некотором интервале времени τ_R. В докладе представлен альтернативный подход, при котором по предположению молекулы обеих фракций

либрируют в сильном потенциальном поле $\vec{E}_0$, находясь у дна потенциальной ямы и совершая гармонические либрации с частотой Ω, пропорциональной $(E_0/I)^{1/2}$, где I - момент инерции молекулы. Удобно ввести нормированную частоту либраций p. Если поле E_0 не меняется ни по величине, ни по направлению, то $p = \eta\Omega = (\mu E_0/2k_B T)^{1/2}$. Если же средний дипольный момент $\langle\vec{\mu}\rangle = 0$, то есть поле E_0 в соседних ямах направлено в противоположные стороны, то частота либраций $p = \eta\Omega = (U_0/k_B T)^{1/2}$.

Здесь нормирующий коэффициент $\eta = (I/2k_B T)^{1/2}$, k_B - постоянная Больцмана, Т - температура, μ - дипольный момент, U_0 - глубина ямы. Спектральные свойства такого гармонического либратора описываются функцией $L(z)$, дающей лоренцевский спектр:

$$L(z) = (p^2 - z^2)^{-1}; \qquad z = x + iy = \eta\omega + i\eta/\tau, \qquad (I)$$

где τ - время жизни либратора между сильными столкновениями, изменяющими его энергию, параметр τ можно интерпретировать также как время жизни потенциальной ямы, описывающей межмолекулярные взаимодействия выделенной частицы. Этот вариант модели можно назвать моделью упругих связей (УС), он был рассмотрен ранее Е.С.Крячко, Б.М.Цейтлиным и одним из авторов и был применен к описанию диэлектрических спектров воды в либрационной полосе, вблизи частоты ν_L. Для описания спектра воды берутся две фракции, L и R, различающиеся величиной поля E_0 и временами жизни τ, соответственно это описание можно назвать моделью УС/УС. Такое усложнение позволяет описать весь спектр в полосе $0 < \nu/\text{см}^{-1} < 1000$, тогда как однофракционная модель УС ранее была применена лишь в полосе [500, 1000] см^{-1}. Помимо либрационного движения молекул H_2O, характеризуемого безразмерными параметрами p_L и p_R и временами τ_L и τ_R, в работе учитывается в неявном виде также существование броуновского вращательного движения. Оно трактуется в духе дебаевского подхода, отражает запаздывание поляризации относительно поля излучения и характеризуется временами релаксации τ_{DL} и τ_{DR} (в терминах [2] используется дебаевское ориентационное распределение F_D в поле излучения

$\vec{E}(t_0)$, где t_0 – моменты сильных столкновений). Комплексная восприимчивость χ^* представляется в виде суперпозиции двух членов, отвечающих фракциям упорядоченных либраций и дефектов:

$$\chi^*(\omega) = \chi_L^*(\omega) + \chi_R^*(\omega), \qquad (2)$$

где $\omega = 2\pi c \nu$, c – скорость света,

$$\chi_R^* = G r\left(1 + \frac{\tau_{DR}/\tau_R}{1 - i\omega\tau_{DR}}\right) L(z_R),$$

$$\chi_L^* = G(1-r)\left(1 + \frac{\tau_{DL}/\tau_L}{1 - i\omega\tau_{DL}}\right) L(z_L),$$

$$G = \frac{\mu^2 N}{3k_B T}, \quad L(z_{R,L}) = (p_{RL}^2 - z_{R,L}^2)^{-1}, \quad z_{R,L} = \eta(\omega + i/\tau_{R,L}),$$

r – доля дефектов, N – концентрация молекул H_2O. Комплексная проницаемость ϵ^* находилась либо без учета отличия внутреннего поля $\hat{E}_c$ в диэлектрике от среднего макроскопического поля $\hat{E}$:

$$\epsilon^*(\omega) = 4\pi\chi^*(\omega) + n_\infty^2, \qquad (3а)$$

где $\hat{E}_c$ и $\hat{E}$ – комплексные амплитуды, либо, при учете указанного различия, ϵ^* определялась из уравнения

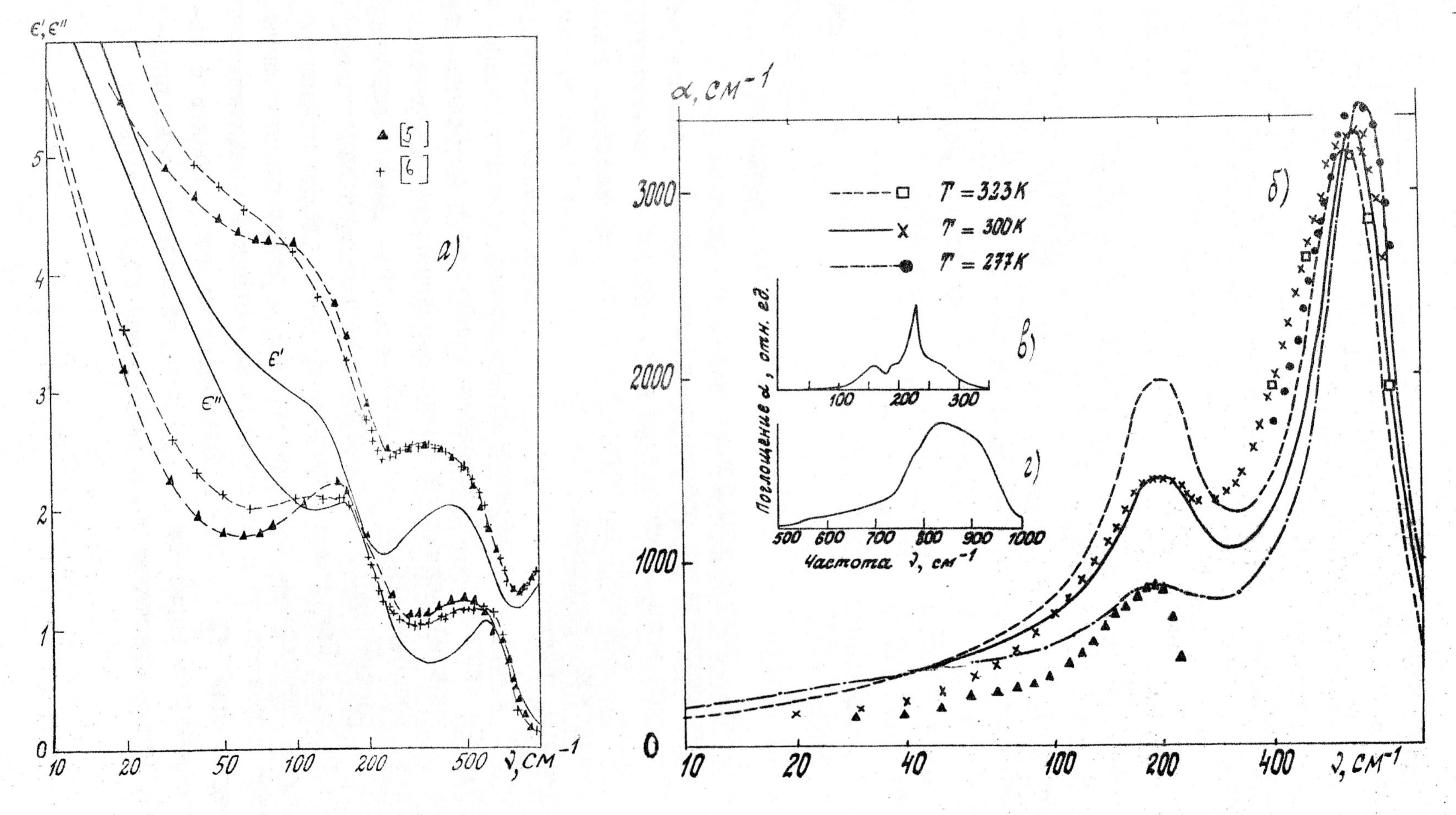
$$(\epsilon^* - n_\infty^2)(2\epsilon^* + n_\infty^2)/3\epsilon^* = 4\pi\chi^*(\omega). \qquad (3б)$$

Различие расчетных схем (3а) и (3б) проявляется (см.таблицу) лишь в небольшом изменении временных параметров τ_R, τ_L и в величине доли r молекул фракции дефектов R. В (3) n_∞ – оптический показатель преломления, n_∞^2 = 1,7. Дипольный момент μ вычислялся из соотношения $\mu = \mu_0(n_\infty^2 + 2)/3$, где момент μ изолированной молекулы брался равным 1,84 Д. Теория качественно соответствует экспериментальным [3-6] спектрам, если время релаксации τ_{DR} положить равным времени релаксации

τ_D для основной (дебаевской) области. Тогда из приведенных соотношений (2) - (3) для времени τ_{DL} получаем значение, близкое к указанной в [7] величине τ_{D2} для второй области релаксации. Значения параметров модели УС/УС, подобранных при наилучшем описании спектров проницаемости $\varepsilon^*(\omega)$ и коэффициента поглощения

$$\alpha(\omega) = 4\pi\nu \, Im\sqrt{\varepsilon^*(\nu)} \quad , \qquad (4)$$

представлены в таблице, сопоставление теоретических и экспериментальных спектров дано на рис.I, а расчетная диаграмма Коул-Коула $\varepsilon''(\varepsilon')$ представлена на рис.2. Из рис.I мы видим, что расчетные пики $\alpha(\nu)$ и $\varepsilon''(\nu)$ квазирезонансного поглощения в либрационной полосе у́же экспериментальных, а пик потерь трансляционной полосы меньше экспериментального. Для лучшего описания спектров необходимо, вероятно, учесть конечность высоты потенциальной ямы и негармоничность колебаний диполей в ней, а также вклад в восприимчивость молекул большей энергии, совершающих заторможенное вращение; для этого можно использовать, например, результаты более строгого описания [8-I0]. Существенным результатом работы является вывод о том, что дефекты структуры воды, несмотря на малое их число (см.таблицу), обуславливают основную область дебаевской релаксации и величину статической проницаемости ε_S . Это можно объяснить тем, что либраторы, включенные в сетку водородных связей, в меньшей степени, чем дефекты,подвержены броуновскому вращательному движению, эти либраторы обуславливают лишь вторую область релаксации (с меньшей величиной времени релаксации) (в работе [I] такая возможность уже отмечалась). Рис.I б,в иллюстрирует сходство расчетного спектра поглощения воды и известных [II] спектров льда-I. Расчетные формулы (2) качественно применимы и ко льду-I, необходимо лишь на несколько порядков уменьшить количество дефектов r и на столько же порядков увеличить время релаксации τ_D . Эти закономерности можно понять с позиций уточненного варианта [9] полевой модели, если предположить, что в кристалле льда релаксация осуществляется



ε',ε''
0
1
2
3
4
5
10
20
50
100
200
500
ν, см⁻¹
ε'
ε''
▲ [5]
+ [6]
а)
α, см⁻¹
0
1000
2000
3000
10
20
40
100
200
400
ν, см⁻¹
б)
T = 323 K
T = 300 K
T = 277 K
в)
г)
Поглощение α, отн. ед.
100
200
300
500
600
700
800
900
1000
Частота ν, см⁻¹

Рис. I

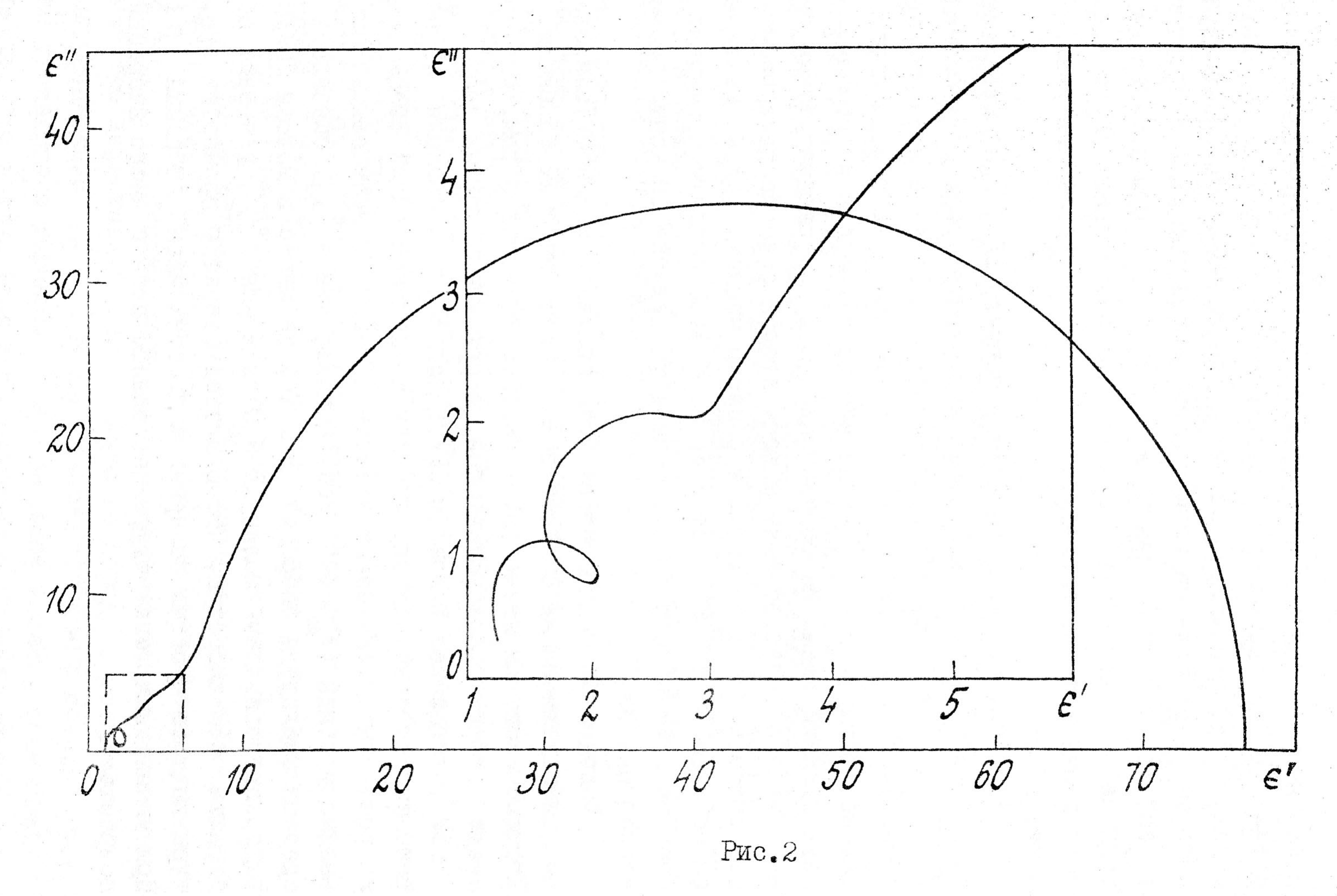


Рис.2

исключительно молекулами (дефектами), переваливающими через потенциальный барьер или вращающимися над ним. Число таких молекул экспоненциально падает с увеличением высоты барьера, который из-за большей регулярности структуры льда выше, чем в жидкой воде. Причем времена жизни τ_R и τ_L при замерзании воды не изменяют своего порядка, поэтому дальние ИК спектры поглощения воды и льда сходны, что видно из сравнения рис.Iб и рис.I в,г.

Заметим, что наши расчетные формулы (2), (3а) представляют своего рода "свертку" известных эмпирических соотношений [7], представляющих проницаемость $\epsilon^*(\omega)$ воды в виде суперпозиции двух дебаевских и двух лорентцевских термов. Следовательно, формулу в [7] можно интерпретировать в терминах двух фракций воды. Из соотношений (2), (3) следует также важный вывод о существовании в воде второй области релаксации, эта область видна на рис.2 в области частот, где ϵ_L изменяется от 3 до 5, а ϵ'' - от 2 до 5. К этой области примыкают две "завитушки" соответствующие двум квазирезонансным типам поглощения воды.

Изложенный подход может быть применен и для моделирования диэлектрических свойств воды в биологических объектах. Его достоинством является, в частности, вывод о том, что молекулы дефектов поворачиваются, в среднем, лишь на угол 60^o, тогда как в модели ОР/ОД для молекул фракции R повороты значительно больше, что для конденсированной среды вряд ли реалистично. Из-за значительной величины межмолекулярных взаимодействий ($E_{0L} \sim 10^8$ В/см) меньше, чем в [I], оказалась и средняя амплитуда либраций β. Тем не менее в модели УС/УС водородно связанные молекулы H_2O за время τ_L успевают совершить ~ 10 либраций, что свидетельствует о прочности структуры воды (в простых полярных жидкостях число либраций $\lesssim 1$). При уменьшении температуры постоянное поле и число либраций возрастают.

Таблица

Параметры модели УС/УС жидкой воды

T, K	r,%	в пикосекундах				ρ_R	ρ_L	Прим.
		τ_L	τ_R	τ_{DL}	τ_{DR}			
277	3,6	0,0275	0,087	I,43	I7,9	I,463	5,642	*
300	I0,2	0,0280	0,082	0,33	7,33	I,427	5,II6	*
	7,2	0,0270	0,085	0,35	7,33	I,504	5,446	**
323	I5,I	0,0278	0,09I	0,152	4,8	I,345	4,640	*

* - расчет при $\hat{E}_c = \hat{E}$ из (3а); ** расчет при $\hat{E}_c \neq \hat{E}$ из (3б)

Литература

I. Гайдук В.И., Гуськова В.Д., Новскова Т.А. Изв. вузов. Радиофизика.- I988.- Т.3I.- №7.- С.799.

2. Gaiduk V.I., Kalmykov Yu.P. J.Mol. Liq.- 1987.- V.34, N 1-3.- P.1-222.

3. Afsar M.N., Hasted J.B. Infrared Phys.- 1978.- V.18, N5-6.- P.835.

4. Pinkley L.W., Sethna P.P., Williams D. J.Opt.Soc. Am.- 1977, V.67, N4.- P.494.

5. Золотарев В.М., Михайлов Б.А., Альперович Л.И., Попова С.И. Опт. и спектр.- I969.- Т.27.- В.5.- С.790.

6. Downing H.D., Williams D. J. Geophys. Res.- 1975.- V.80, N12.- P.1656.

7. Manabe T., Liebe J., Hufford G.A. Rep. W6.6. XII Intern. Conf on Infraredand Millimeter Waves. IEEE.- 1987.- P.22.

8. Калмыков Ю.П. Изв. вузов. Радиофизика.- I989.- Т.32, №9.- С.III3.

9. Гайдук В.И., Цейтлин Б.М., Новскова Т.А. В сб."Применение миллиметрового излучения нетепловой интенсивности в медицине". I99I.- М.: ИРЭ АН СССР.

I0.Калмыков Ю.П. Химическая физика.-I987.-Т.6, №5.-С.592.

11. Marchi M., Tse J.S., Klein M.L. J. Chem.Phys.- 1986.- V.85, N5.-P.2414.

FIELD MODEL OF LIQUID WATER DIELECTRIC RELAXATION

V.I.Gaiduk, T.A.Novskova

Institute of Radio Engineering and Electronics of the USSR Academy of Sciences, K.Marx av, 18, Moskow, GSP-3, 103907, USSR

In membranes and other biological objects there exists a high (up to 10^5 to 10^6 V/cm) electrostatic field E_0. Two basic planar dipole systems are considered with cos and $\cos^2$ depedence of the potential energy U(θ) of the dipole $\vec{\mu}$, where θ is the angle between $\vec{\mu}$ and OZ axis of the system symmetry. The simplified analitical expressions are obtained for the complex susceptibility $\chi^*(\nu)=\chi'+i\chi''$ originated by reorientations of dipoles. Two free model parameters - the well depth U_0 and the life-time τ of dipoles between strong collisions are shown to have an influence on the frequency depedences of the susceptibility $\chi^*(\nu)=\chi''+i\chi''$, permittivity $\varepsilon^*(\nu)=\varepsilon'+i\varepsilon''$ and absorption coefficient $\alpha(\nu)=4\pi\nu Im\sqrt{\varepsilon^*(\nu)}$, where $\nu=\omega/2\pi$ is the frequency of the field in cm^{-1}, c is the light velocity, ω is the angular frequency. The loss and absorption curves, $\varepsilon''(\nu)$ and $\alpha(\nu)$, pass maxima in the relaxation and for IR regions. Description of dielectric spectra in simple polar liquids as soon as in biological objects may be given.

The theory is applied to liquid water ($0<\nu<1000 cm^{-1}$) for the limit of large static field E_0 ($p=\sqrt{\mu E_0/k_B T}>1$). Namely, a simplified constant field model is considered which is called an elastic bond (EB) model. In this model it is assumed that dipoles librate harmonically relative to the $\vec{E}_0$ field direction with an angular frequency $\Omega=\sqrt{\mu E_0/I}$, where I is the inertia moment of the molecule. Two fractions L and R are introduced, they differ in the E_0 field magnitude ($E_{0L}>E_{0R}$, $E_{0L}\sim 10^8$ V/cm) and are supposed to describe H_2O molecules bound by H-bonds and "defects" of water structure, respectively. Simple analitical relations that have been obtained qualitatively agree with the experiment and resemble the description based on the known empirical formulae.

ABSORPTION COEFFICIENT OF ERYTHROCYTES IN THE FREQUENCY RANGE 53 - 93 GHz

T. GROCHULSKI and S. SWIRYDOWICZ
Institute of Physics of Polish Academy of Science
02668 Warszawa, Al. Lotnikow 32, Poland

ABSTRACT

The absorption coefficient of erythrocytes and erythrocyte membranes was measured in the frequency range 53 - 93 GHz and at temperatures of 16°C and 36°C using free space propagation technique. The absorption coefficient for all the examined samples was a smooth function of frequency and does not show any resonant absorption features.

INTRODUCTION

Ever since 1968, when Frohlich [1] proposed a general model of high frequency collective oscillations in living systems a considerable amount of theoretical and experimental work has been carried out in this field [2-11]. From the point of view of experimental technique these investigation can be divided into three groups:

1. spectroscopy,
2 investigation of the influence of microwave radiation on living organisms,
3. investigation of long range interactions between simple living organisms.

In the first group of experiments the radiation is used as a probe, which provides the information about the studied system and changes in the radiation on passing through the sample are monitored. In this case the detector and the probe are both external to the sample [2].

In second method the changes in some biological are monitored parameter (eg. rate of growth) under influence of radiation [3] and the sample itself plays the role of the detector.

In the third method the sample is used simultaneously as a

probe and as a detector [4].

All these experiments are not particularly reliable, because the state of the sample depends on a large number of parameters, the majority of which are difficult to control. From this point of view the "cleanest" experiments are those of group 1, especially when performed on well defined biological material such as chains of DNA of equal length [5]. The first work, in which the absorption of living organisms in mm frequency region was investigated is that of Webb and Booth [6], who found some resonances in the frequency range 60 -70 GHz in living cells, proteins, RNA and DNA molecules.

In present study we decided to investigate the erythrocytes and erythrocyte membranes in the frequency range 53 - 93 GHz. Low frequency microwave measurements on erythrocytes carried out by means of the wave guide technique [7] have shown considerable oscillations in the imaginary part of dielectric permittivity. The results of experiments investigating the long range forces acting between the erythrocytes [4] are also consistent with the Frohlich predictions. The simplicity of these cells (the absence of organelles), the availability of experimental material and facility of storage are additional arguments in favour of undertaking further experiments on this medium.

RESULTS AND DISCUSSION

The samples used in the experiment were erythrocytes and erythrocyte membranes. They were prepared as follows: the blood diluted in preservative solution (13.2g of trisodium cytrate, 4.8g of monohydrated citric acid, 14.7g monohydrated glucose dissolved in 1000 ml of water) was centrifuged at 20 000 rpm for 10 minutes and then the colorless liquid was removed. This procedure was repeated three times using 0.9% NaCl physiological solution instead of preservative solution. The membranes were prepared using a 5 mM phosphoran buffer with pH=7.4 [12]. The erythrocytes mixed with the buffer were centrifuged for 30 minutes again at 20 000 rpm. The upper part of solution was then removed, the next portion of the buffer was added, and the

procedure was repeated. The last centrifuging was carried out using the physiological solution. All samples, when not used in the experiment, were stored at 4°C.

The measurements of the absorption coefficient were carried out using the free space propagation technique [13]. The radiation was generated by two high frequency backward wave oscillators (carcinotrons) and formed into a parallel beam using a PTFE lens. The output power of the carcinotron was dependent on frequency, but the radiation intensity was always lower than 1 mW/cm^2. The beam was amplitude modulated by means of a mechanical chopper and, following passage through the sample, was detected using a point contact diode and a lock-in amplifier. The intensity of microwave power transmitted through the sample was recorded as a function of the wavelength for the solutions of erythrocytes or membranes (I_1) and for the solvent (I_2). The absorption coefficient of erythrocytes (α_e), in the case when the effects of standing waves can be neglected, is given by a simple formula

$$\alpha_e = -\ln(I_1/I_2)/cd + \alpha_s \qquad (1)$$

where: c stands for concentration, α_s for the absorption coefficient of the solvent and d for the sample thickness.

In order to diminish the standing wave effects the high voltage supplying the carcinotrons was modulated with sinusoidal wave of amplitude of 40 V and of 5 kHz frequency. This was equivalent to ca. 1% modulation of the wavelength of generated radiation on a time scale much shorter than the time constant of the detection block .

From formula (1) it can be easily seen, that if there were some resonant peaks in α_e, one should observe also some resonant behaviour in relative intensity I_1/I_2. Figure 1 shows I_1/I_2 as a function of wavelength for erythrocytes at 16°C. The error bars marked on the plot are standard deviations obtained from six independent measurements. The plot shows some broad structure of

amplitude which is considerably higher than the experimental precision. The absorption coefficient α_e calculated on the basis of eq. 1 and using an estimated value for c of 0.2 , show two wide maxima centered around 60 and 80 GHz on the frequency scale. Similar behaviour was obtained at 36°C and also for erythrocyte membranes at both measurement temperature (16 and 36°C). It was also found, that the relative intensity patterns did not show any significant change, when the sample was prepared with physiological solution containing 1.4% of glucose.

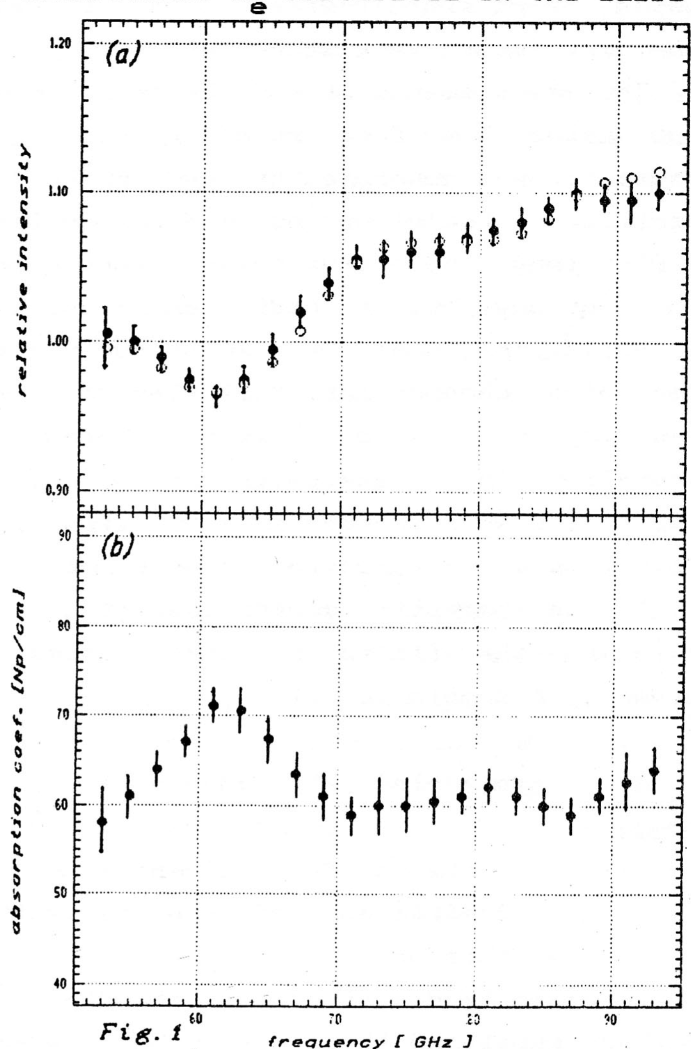


Fig. 1
Results of measurements of erythrocytes at 16°C (a) relative intensity (● experimental, o fit accounting for standing waves) (b) absorption coefficient calculated on the basis of eq. 1.

In order to analyze the experimental results, the power transmitted through the measuring cell was calculated ,taking into account all possible internal reflections. A simple model was adopted, in which the sample was inserted between two parallel windows of equal thickness. The algorithm of calculations was from [14]. The input parameters for the program were : 0.25mm, 0.49mm, 1.43 and 0 respectively for

thickness of the sample and thickness, refractive index and the absorption coefficient of the windows. Additionally, it was assumed that the refractive index and the absorption coefficient of solution (n_{sol}, α_{sol}) are smooth and change linearly with frequency.

The results of calculations are shown on fig.1 (open circles). The fit was obtained for α_{sol}[Np/cm] = 0.44*f[GHz]+33 and n_{sol} = - 026*f[GHz]+6.4. The values of refractive index and the absorption coefficient of the solvent were taken from [15].

The experimental and calculated relative intensities are practically identical showing that the observed maxima in α_e cannot be attributed to the anticipated absorption peaks in the biological sample.

CONCLUSIONS

The absorption coefficient measured for erythrocytes and erythrocyte membranes in aqueous solutions in the frequency range 53 - 93 GHz show some irregularities. However careful interpretation shows that these are not due to resonant absorption features predicted by Frohlich theory of collective oscillations in biological systems. The free space propagation technique used in the current experiment is very straightforward, but it is possible that this is not yet precise enough to provide the definitive answer for the question of Frohlich type resonance absorption features. It was shown however, that the expected details in the spectrum of biological samples studied here, if present, are smaller in amplitude than the effects of standing waves in a typical liquid absorption cell.

REFERENCES

1. Frohlich H. "*The Biological Effect of Microwaves and Related Questions*" Adv. in Electronics and Electron Physics 53, 85, (1980)
2. Webb S. J. "*Laser - Raman Spectroscopy of Living Cells*" Physics Reports 60, 203, (1980)

3. Keilman F. " *Nonthermal Microwave Resonances in Living Cells*", page 347 in "Coherence in Spectroscopy and Modern Physics" Nato Advanced Study Institutes Series, B37, (1978)

4. Rowlands S. et al. "*A Frohlich interaction of human erythrocytes*" Phys. Lett. 82A, 436, (1981) and "*Further evidence for a Frohlich Interaction of Erythrocytes*", Phys. Lett. 87, 256, (1982)

5. Edwards G.S. " *Resonant Microwave absorption of Selected DNA molecules*" Phys. Rev. Lett. 53, 1284, (1984)

6. Webb S.J. Both A.D. " *Absorption of Microwaves by Microorganisms*" Nature 222, 1199, (1969)

7. Blinowska K.J., Lech W. and Wittlin A. "*Cell Membrane as a Possible Site of Frohlich's Coherent Oscillations*", Phys. Lett. 109A, 124, (1985)

8. Bhaumik D., Bhaumik K., Dutta-Roy B. "*On the Possibility of Bose Condensation in the Excitation of Coherent Modes in Biological Systems*", Phys. Lett. 56A, 145, (1976)

9. Tuszynski J.A. "*Generalisation of Frohlich's Thermodynamic Model of the Living State Transition*" Phys. Lett. 108A, 177, (1985)

10. Paul. R. "*Production of Coherent States in Biological Systems*", Phys. Lett. 96A, 263, (1983)

11. "Millimetric Waves in Medicine and Biology" , IRE Moscow 1989 (in russian), edited by N.D. Devatkov

12. Green D.E et al. "*Association of Integrated Metabolic Pathways with Membranes*" Arch. of Biochem. and Biophys. 112, 635, (1965)

13. Grochulski T. et.al. "*Precise absorption measurements in Polar Liquids within the Frequency Range 50 -500 GHz*" J. Phys. E: Sci. Instrum. 15, 304, (1982)

14. Kremer F. et al. " *The Application of Oversized Cavities for Millimeter Wave Spectroscopy*", Infrared and Mm Waves 11, 141, (1983) ed. by K.J. Button

15. Z. Czumaj "*Absorption Coefficient and refractive index of water in millimeter spectral range*" Mol. Phys. 69, 787, (1990)

КВЧ-СПЕКТРОСКОПИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Кудряшова В.А., *Завизион В.А., **Хургин Ю.И.
*Институт радиотехники и электроники АН СССР,
103907, Москва ГСП-3, Манежная пл., 6.
**Институт органической химии АН СССР,
117913, Москва ГСП-2, Ленинский просп., 47.

Реферат. Применение ММ-излучения в медицине привело к возникновению проблемы о молекулярной природе первичной мишени. Отсутствие данных о прямом КВЧ-воздействии на биомакромолекулы позволило предложить гипотезу "вода-мишень", согласно которой содержащаяся в месте облучения (кожа) вода является медиатором передачи КВЧ-возбуждения на биологически активные структуры. Эта гипотеза основана в значительной степени на исследовании межмолекулярных взаимодействий (ММВ) в водных системах разработанным нами новым методом (абсорбционная ММ-спектроскопия растворов). В основе метода лежит измерение т.н. дефицита поглощения ($\delta\alpha$) ММ-излучения, который обусловлен изменением за счет ММВ фракции наиболее эффективно взаимодействующих с КВЧ-излучением молекул воды - ротаторов; $\delta\alpha$ является качественным признаком и количественной мерой интенсивности ММВ электролитов и неэлектролитов, биополимеров, коллоидных частиц и т.д. с водой (гидратация). Из величин $\delta\alpha$ определяется количество молекул воды, изменивших свое состояние в гидратной оболочке молекул неводной компоненты, т.е. число гидратации N_θ. В зависимости от химической природы неводной компоненты и ее концентрации величины N_θ отражают известные типы ММВ в водных системах: положительная (гидрофобная и гидрофильная) гидратация ($N_\theta>0$) - стабилизация молекул-ротаторов в гидратной оболочке, гидрофильная отрицательная гидратация ($N_\theta<0$) - разрушение структуры воды. Установлено, что отдельные фрагменты молекул дают аддитивный вклад (индексы гидратации) в измеряемые величины N_θ, а концентрационная зависимость последних позволяет фиксировать область разбавленных и концентрированных растворов. Общность диапазона частот, используемого в КВЧ-спектроскопии и КВЧ-терапии, позволяет провести экспериментальную проверку некоторых следствий, основанных на концепции "вода-мишень"

и данных исследования ММВ в водных системах.

Введение. В настоящее время предложен ряд физиологических, а также физических механизмов воздействия КВЧ-излучения на живые организмы [1-3]. Одной из важных проблем остается выяснение химической природы первичной мишени, подвергающейся воздействию фронта волны излучения. Проведенный анализ показал, что имеется ряд серьезных возражений против того, чтобы считать первичными мишенями воздействия макромолекулы [1-3]. Недавно была предложена модель КВЧ-воздействия, в которой отводится основная роль первичной мишени воде, причем не всей воде, а молекулам-ротаторам [4]. Эта гипотеза в основном основана на результатах исследования ММВ в водных системах по поглощению КВЧ-излучения.

Результаты и обсуждение. Исследование концентрационных зависимостей поглощения $\alpha(C)$ (дБ/мм) КВЧ-излучения (λ=I÷8мм) водными растворами веществ различных классов (низко- и высокомолекулярных, электролитов и неэлектролитов) в широком интервале концентраций и температур растворов показало, что в подавляющем большинстве случаев наблюдается неаддитивность поглощения, т.е. невыполнение известного в оптической спектроскопии закона Ламберта-Бера: $\alpha_{эксп} \neq \sum C_i æ_i$, где C_i и $æ_i$ - молярные концентрация и коэффициент поглощения i-компоненты раствора(i=I - вода, i=2,3...- растворенные вещества). Установлено, что величина $\delta\alpha = C_1 æ_1 - \alpha_{эксп}$(дефицит поглощения) является мерой интенсивности ММВ воды и растворенного вещества в растворе и обусловлена изменением вращательной подвижности молекул воды в гидратной оболочке молекул растворенного вещества по сравнению с их подвижностью в объеме раствора. Величина $\delta\alpha$ может быть как положительной, так и отрицательной, что определяется химической природой растворенного вещества. Когда вращательная подвижность молекул воды в гидратном слое растворенного вещества ниже, чем в объеме раствора, $\delta\alpha>0$ (положительная гидратация). Такое явление наблюдается при полярной гидратации большинства органических неэлектролитов [5-7], при положительной (по О.Я.Самойлову [8]) гидратации ионов [7], а также при гидрофобной гидратации неполярных групп молекул или самих неполярных молекул [9-11]. Когда вращательная подвижность молекул воды вблизи иона или молекулы неэлектролита выше, чем в объеме раствора, т.е. возрастает фракция молекул-

ротаторов, ответственных за поглощение КВЧ-излучения, $\delta\alpha<0$ (отрицательная гидратация). Для неэлектролитов подобное явление нами впервые было обнаружено и объяснено на примере водных растворов мочевины и по аналогии с отрицательной гидратацией ионов по О.Я.Самойлову [8] было названо отрицательной гидратацией [II]. В настоящее время нами показано, что явление отрицательной гидратации для неэлектролитов не является исключением. Оно обнаружено нами для ряда органических соединений, в которых в силу пространственного строения их молекул вращательная подвижность связанных Н-связями молекул воды в гидратном слое увеличена. Гипотеза, объясняющая отрицательную гидратацию неэлектролитов, имеет предсказательный характер.

Установлено, что $\delta\alpha$ является не только качественным признаком типа гидратации. По величине $\delta\alpha$ рассчитываются эффективные числа гидратации N_θ исследованных соединений; т.е. определяется количество молекул воды, изменивших поглощательную способность под действием молекулы растворенного вещества: $N_\theta = \delta\alpha/C_2\text{æ}_1$. Определены величины N_θ ряда высокомолекулярных соединений (глобулярные белки, желатин, коллаген, полисахариды, полиэтиленоксиды, поливинилпирролидон), представителей различных классов органических низкомолекулярных соединений (аминокислоты, углеводы, спирты, сульфоксиды, апротонные растворители, мочевина и ее алкилпроизводные, мембраноактивные лекарственные препараты и др.) и ряда ионов неорганических электролитов, являющихся компонентами биологических сред. Установлено, что отдельные фрагменты молекул дают аддитивный вклад (индексы гидратации) в измеряемую величину N_θ, а концентрационная зависимость последних позволяет фиксировать область разбавленных и концентрированных растворов.

Т.о. методом молекулярной ММ спектроскопии установлена гетерогенность воды к КВЧ-излучению. Показано, что решающим фактором при КВЧ-терапии является наличие и количество молекул воды-ротаторов в поверхностном слое облучаемого объекта, оказывающих существенное влияние на глубину проникновения КВЧ-излучения в биологическую среду.

ЛИТЕРАТУРА

I. Миллиметровые волны в медицине и биологии. Под ред. акад. Н.Д.Девяткова.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1989.

2. Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения. Под ред. акад. Н.Д.Девяткова.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1987.

3. Бецкий О.В., Кислов В.В. Волны и клетки.- М.: Знание.- 1990.

4. Хургин Ю.И., Бецкий О.В., Церевитинова Н.Г., Перепечкина Т.Л. О природе нервичной мишени при воздействии низкоинтенсивного миллиметрового излучения на биологические объекты. В сб.[2].- С.193-201.

5. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Гидратация желатины в водных растворах низкомолекулярных соединений. В сб.[2].- С.235-245.

6. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Исследование структурообразования в коллоидных системах по поглощению миллиметрового излучения. В сб. Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине (Под ред. акад. Н.Д.Девяткова).- М.: ИРЭ АН СССР.- 1985.- С.209-221.

7. Девятков Н.Д., Бакаушина Г.Ф., Бецкий О.В. и др. Миллиметровая спектроскопия как метод изучения воздействия СВЧ излучения на биологически активные соединения. В сб. "5 International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility; September 17-19, 1980".- Wroclaw.- 1980.- Part 2.- P.570-579.

8. Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов.- М.: АН СССР.- 1957.

9. Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Исследование межмолекулярных взаимодействий в растворах методом миллиметровой спектроскопии. Сообщение 3. Эффекты гидратации в водных растворах спиртов.- Изв. АН СССР, сер.хим.- 1989.- N8.- С.1755-1761.

10. Хургин Ю.И., Лебедев О.В., Кудряшова В.А., Завизион В.А., Маркова Т.Б. Дестабилизация структуры воды мочевиноподобными фрагментами молекул с пространственно сближенными атомами водорода.- Изв. АН СССР, сер.хим.- 1990.- N2.- С.490.

11. Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Исследование межмолекулярных взаимодействий в растворах методом миллиметровой спектроскопии. Сообщение 5. Эффекты положительной и отрицательной гидратации в водных растворах метилмочевин.- Изв. АН СССР, сер.хим.- 1990.- N2.- С.321-326

EHF - SPECTROSCOPY OF AQUEOUS BIOLOGICAL SYSTEMS

*Kudryashova V.A., *Zavizion V.A., **Khurgin Yu.I.
*Institute of Radioengeneering and Electronics of Acad. Sci.USSR, 103907, Moscow GSP-3, Manezhnaya sq., 6.
**Institute of Organic Chemistry of Acad. Sci., USSR. II79I3, Moscow GSP-2, Leninski prosp., 47.

The problem of molecular nature of the primary target was arized from the wide medical use of the EHF-radiation. There are no data that direct the EHF-radiation affects the structure of biological macromolecules. We have proposed the new hypothesis named "water-target" according to which the water in irradiated site (the skin) mediates the EHF-radiation transfer to biologically active structures. This hypothesis based mainly on the intermolecular interactions (IMI) study in aqueous systems (solutions) by means of the new absorption millimeter spectroscopy (AMS) method proposed by us. The principle of AMS-method constitutes the deficit of absorption ($\delta\alpha$) appearing because of the decrease of the rotating water molecules fraction which absorb the EHF-radiation most effectively. The measured value of $\delta\alpha$ is the measure of IMI strength of electrolytes and nonelectrolytes, biopolymers, colloidal particles with water in solution (the hydration). The known value of $\delta\alpha$ allows us to evaluate the number of water molecules (the hydration number N_θ) changing their state when included in the hydration shell of non-aqueous component. The values and sign of N_θ represent the known types of IMI for different chemical nature of non-aqueous component: $N_\theta>0$ - the positive hydrophilic and hydrophobic hydration (immobilization of rotating water molecules) and $N_\theta<0$ - the negative hydrophilic hydration (breaking the water structure). It was shown that hydration of individual fragments of molecules give an additive contribution to effective values of N_θ. The analysis of the N_θ concentration dependence allows us divide the diluted and concentrated solution ranges.

СЛОЖНАЯ ПРИРОДА ГИДРАТАЦИИ МОНОСАХАРИДОВ В ВОДНЫХ СИСТЕМАХ

**Хургин Ю.И., *Завизион В.А., *Кудряшова В.А., **Максарева Е.Ю.
*Институт радиотехники и электроники АН СССР,
103907, Москва ГСП-3, Манежная пл., 6.
**Институт органической химии АН СССР,
117913, Москва ГСП-2, Ленинский просп., 47.

Реферат. Углеводы (моно- и полисахариды и их производные) являются обычными компонентами биологических систем, их взаимодействие с водой имеет важное значение при анализе молекулярных механизмов биологических КВЧ-эффектов. Изучение взаимодействия моносахаридов с водой методом миллиметровой (ММ) спектроскопии привело к неожиданному результату - рассчитанные из дефицита ММ-поглощения ($\delta\alpha$) числа гидратации (N_θ) моносахаридов оказались аномально низкими относительно ожидаемого эффекта гидратации пяти ОН-групп в молекулах гексоз ($N_\theta^{эксп}\approx3$, $N_\theta^{рассч}\approx7$). Возможны следующие причины обнаруженного явления: 1) низкая свободная энергия взаимодействия НО-групп углеводов с водой; 2) образование внутримолекулярных Н-связей, приводящих к уменьшению числа центров гидратации; 3) образование вилочковых Н-связей одной молекулы воды с двумя или более НО-группами моносахаридов; 4) возможность разрушения структуры воды отдельными участками поверхности молекулы моносахарида. Нельзя утверждать, что какой-либо из предложенных механизмов гидратации является единственным и независимым от других.

Мы использовали два новых экспериментальных подхода для изучения характера взаимодействия моносахаридов с водой. Один из них основан на анализе зависимости $\delta\alpha$ от частоты КВЧ-излучения, что позволяет устанавливать наличие положительной ($N_\theta^+>0$) или отрицательной ($N_\theta^-<0$) гидратации. Одновременно состояние воды в системе вода-глюкоза было также изучено методом разностной УФ-спектроскопии глобулярных белков. Совместное обсуждение полученных данных позволило определить вклады в $N_\theta=N_\theta^++N_\theta^-$ положительной ($N_\theta^+\approx5$) и отрицательной ($N_\theta^-\approx-2$) гидратации. Таким образом, глюкоза, также как и другие моносахариды, может одновременно участвовать в процессах как стабилизации, так и разрушения структуры воды.

Введение. Известно, что углевод-содержащие соединения - гликаны, наряду с белками, являются основой существования большинства

организмов. Биологическое значение углеводов многообразно, оно, например, состоит в том, что одни из них являются источниками энергии, а другие служат структурными элементами клеточных стенок и соединительной ткани, а также являются носителями биологической специфичности. Поскольку молекулы углеводов являются полигидроксильными соединениями, то они в водных системах могут быть сильно гидратированными. Вследствие сложной стереохимии углеводов до настоящего времени нет общих представлений о механизмах их гидратации. Нами показано, что метод ММ спектроскопии позволил получить новую экспериментальную информацию о гидратации углеводов и исследовать ее сложную природу.

Результаты и обсуждение. Метод абсорбционной спектроскопии в миллиметровом (ММ или КВЧ) диапазоне [1] использован нами для изучения взаимодействия простейших представителей класса углеводов-моносахаридов с молекулами воды в растворе. С этой целью измерены концентрационные зависимости поглощения (α, дБ/мм) КВЧ-излучения (λ 2-8 мм) водными растворами ряда моносахаридов (табл.) в широком интервале концентраций. Качественно характер поглощения является типичным для большинства изученных неэлектролитов [1]: положительный дефицит поглощения $\delta\alpha = C_1 æ_1 - \alpha_{эксп} > 0$; линейная зависимость $\alpha(C_2)$ при малых и средних концентрациях растворов и нарушение линейности при $\gamma = C_1/N_\theta C_2 < 5$; с увеличением длины волны КВЧ-излучения $\delta\alpha$ уменьшается (C_1 и C_2 – концентрации воды и моносахарида в моль/л; $æ_1$ – молярный коэффициент поглощения воды в дБ*л/моль). По формуле $N_\theta = \delta\alpha / C_2 æ_1$ рассчитаны эффективные числа гидратации N_θ исследованных соединений (табл.) [1].

Таблица. Эффективные числа гидратации N_θ моносахаридов

Длина волны λ, мм	ГЛЮКОЗА	ГАЛАКТОЗА	ФРУКТОЗА	АРАБИНОЗА
2	3,1	2,6	2,7	2,7
5,84	1,9		1,6	0,6
7,12	1,3	0,9	0,6	0,7

Моносахариды являются полигидроксидными соединениями. Ранее нами на примере алифатических спиртов (ROH) было установлено, что одна НО-группа иммобилизует ≃1,5 молекулы воды [2]. Отсюда ожидаемая гидратация моносахаридов (в отсутствие пространственных затруднений) должна составлять величину N_θ=7-8 моль H_2O/моль моносахарида. Измеренная величина N_θ для разных моносахаридов, независимо от их концентрации, ниже ожидаемой величины не менее, чем в два-три раза (табл.) . Столь необычное для органических неэлектролитов поведение углеводов в воде может, в принципе, иметь следующие причины: 1) низкая свободная энергия взаимодействия НО-групп углеводов с водой; 2) образование внутримолекулярных Н-связей, приводящих к уменьшению числа центров гидратации; 3) образование вилочковых Н-связей одной молекулы воды с двумя или более НО-группами моносахаридов; 4) возможность разрушения структуры воды отдельными участками поверхности молекулы моносахарида. Предположение о резком снижении свободной энергии связывания воды НО-группами углеводов не имеет физических оснований и не было подтверждено ни одним из современных физических методов. Также не имеется экспериментальных данных о внутримолекулярных Н-связях в моносахаридах. Кроме того, наблюдаемый эффект неспецифичен, так как он не зависит от конфигурации молекулы. Проявлению многоцентрового связывания молекул воды противоречит, как и в предыдущем случае неспецифичность наблюдаемых эффектов, сопряженных к тому же со значительными пространственными напряжениями. Наличие дестабилизации структуры воды под действием углеводов может снять наблюдаемые противоречия между ожидаемой и наблюдаемой величинами N_θ, если будут иметься дополнительные экспериментальные подтверждения отрицательной гидратации ($N_\theta = N_\theta^+ + N_\theta^-$; $N_\theta^+ > 0$, $N_\theta^- < 0$ - стабилизация и разрушение структуры воды соответственно). Для последней цели нами были использованы следующие экспериментальные подходы: а) расширение диапазона частот и б) использование УФ-зонда на структуру воды.

а) Типичными представителями стабилизаторов и разрушителей структуры воды являются диметилсульфоксид (ДМСО) и мочевина соответственно. Для этих соединений были проведены измерения $N_\theta(\lambda)$ при λ 2-8 мм. В случае ДМСО наблюдалось резкое падение измеренной величины N_θ с увеличением λ: $N_\theta(7,1)/N_\theta(2)<0,3$. В случае мочевины N_θ с увеличением λ увеличивалось $N_\theta(7,1)/N_\theta(2)>1$.Наблюдаемые различия дают дополнительную возможность дифференциации системы с пре-

обладанием N_θ^+ или N_θ^-. Данные таблицы качественно показывают возможность вклада моносахаридов в дестабилизацию структуры воды.

б) Методом разностной УФ-спектрофотометрии глобулярных белков был установлен верхний предел концентраций $(C_2^*)_{уф}$ устойчивого существования пространственной структуры сывороточного альбумина человека и химотрипсиногена А в присутствии различных неэлектролитов - модификаторов структуры воды, в том числе глюкозы. Это позволило нам рассчитать параметр $\gamma^*= C_1^*/C_2^* * (N_\theta^*)_{уф}$(1) "критического избытка воды". Из уравнения можно оценить величину полной гидратации углевода, включая N_θ^+ и N_θ^- по модулю. УФ-зонд является чувствительным к сохранению необходимой доли несвязанной воды. На примере большого числа органических неэлектролитов нами методом ММ-спектроскопии было показано наличие универсального критерия $\gamma^*= C_1^*/C_2^* * (N_\theta^*)_{мм} \cong 5$. Однако в этом случае каждый тип гидратации входит со своим знаком. Таким образом:

$$(N_\theta^*)_{мм}= (|N_\theta^+|) - (|N_\theta^-|); \qquad (N_\theta^*)_{уф}= (|N_\theta^+|) + (|N_\theta^-|) \qquad (2).$$

Для глюкозы было показано, что $(C_2^*)_{уф}= 1,5$. Подстановка в уравнение (1) $\gamma^*= 5$ и $(C_2^*)_{уф}= 1,5$ дает величину N_θ близкую к ожидаемой $(N_\theta)_{уф}= 7,2$. Тогда, решая систему уравнений (2) получаем оценочные значения $N_\theta^+ \simeq 5$ и $N_\theta^- \simeq -2$, что дает представление о соотношении между двумя типами воздействия моносахаридов на структуру воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшова В.А., Завизион В.А., Хургин Ю.И. КВЧ-спектроскопия водных биологических систем.- См. в этом сборнике.

2. Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Исследование межмолекулярных взаимодействий в растворах методом миллиметровой спектроскопии. Сообщение 3. Эффекты гидратации в водных растворах спиртов.- Изв. АН СССР, сер.хим.- I989.- N8.- С.I755-I76I.

THE COMPLEX NATURE OF THE HYDRATION OF MONOSACCHARIDES IN AQUEOUS SYSTEMS

**Khurgin Yu.I., *Zavizion V.A., *Kudryashova V.A., **Maksareva E.Yu.
*Institute of Radioengeneering and Electronics of Acad. Sci.USSR, 103907, Moscow GSP-3, Manezhnaya sq., 6.
**Institute of Organic Chemistry of Acad. Sci., USSR. II79I3, Moscow GSP-2, Leninski prosp., 47.

Carbohydrates (mono- and polysaccharides and their derivatives) are usual components of biological systems and their interaction with water is of importance for analysis of molecular mechanisms of biological EHF-effects. The study of interaction of monosaccharides with water by means of millimeter (MM) spectroscopy method led to unexpected result - calculated from MM-absorption deficit ($\delta\alpha$) hydration numbers (N_θ) of monosaccharides are anomalously low in comparision with the expected effect of hydration of five OH-groups in hexoses ($N_\theta^{exp} \approx 3$, $N_\theta^{cal} \approx 7$). There are a few possible mechanisms of observed phenomenon: 1) the low free energy of interaction of OH-groups of carbo-hydrates with water; 2) the formation of intramolecular H-bonds which decreases the number of hydration centers; 3) the formation of bifurcated H-bonds by one water molecule with two or more OH-groups of monosaccharides; 4) the possibility of water structure by some parts of monosaccharide molecule surface. It's impossible to assert that some of suggested mechanisms of hydration is unique and independent from the others.

We used two new experimental approaches to the investigation of nature of interaction of monosaccharides with water. One of them is besed on the analysis of $\delta\alpha$ frequency dependence. This approach allows establish the existence of positive ($N_\theta^+>0$) or negative ($N_\theta^+<0$) hydration. Simultaneously we had also studied the state of water in system water-glucose by means of differential UV-spectroscopy of globular proteins. The discussion of both MM- and UV-spectroscopy data allowed us to evaluate the contributions of positive ($N_\theta^+ \simeq 5$) and negative ($N_\theta^- \simeq -2$) hydration in effective hydration $N_\theta = N_\theta^+ + N_\theta^-$. Thus the monosaccharides are able to take part in stabilization as well as in breaking of water structure

СОСТОЯНИЕ ВОДЫ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ДЕКСТРАНОВ

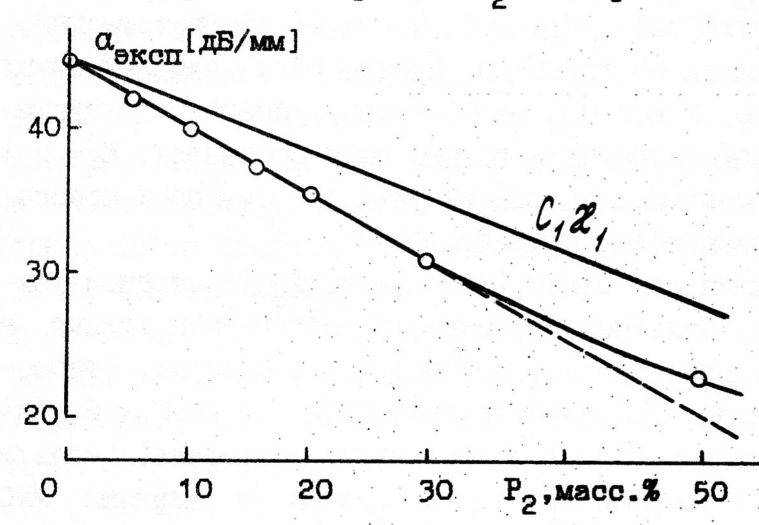
*Кудряшова В.А., *Завизион В.А., **Хургин Ю.И.
*Институт радиотехники и электроники АН СССР,
103907, Москва ГСП-3, Манежная пл., 6.
**Институт органической химии АН СССР,
117913, Москва ГСП-2, Ленинский просп., 47.

Реферат. Методом миллиметровой спектроскопии (ММС) нами исследована гидратация декстранов разной молекулярной массы (Т-10 ÷ Т-125000) в интервале концентраций 5 ÷ 20 масс.% (в отдельных случаях до 50 масс.%). По данным ММС рассчитаны степень гидратации H_s (г H_2O/г декстрана) и определены числа гидратации N_θ (моль H_2O/моль мономерного звена) декстранов. Экспериментально показано, что декстраны, независимо от их молекулярной массы, в пределах точности эксперимента имеют одинаковые величины N_θ, которые практически совпадают с N_θ мономера (глюкозы) ($N_\theta \simeq 2{,}8$ и $\simeq 3{,}1$ соответственно). Нами установлено, что вклад ОН-группы в N_θ в ряду алифатических спиртов имеет величину $\simeq$1,5 мол.H_2O на ОН-группу, поэтому для декстранов ожидаемая полярная гидратация должна была составлять $N_\theta = 5 \div 6$. Мы предполагаем, что механизм взаимодействия декстранов и моносахаридов с водой имеет одинаковую природу.

С ростом концентрации до 30 масс.% величины N_θ декстранов существенно не изменяются, заметные изменения N_θ обнаружены только в очень концентрированных растворах, (~50 масс.%), в которых отношение общего количества воды к количеству связанной $\gamma = C_1/C_2N_\theta \leqslant 5$, где C_1 и C_2 – концентрации воды и мономерных звеньев декстрана, моль/л соответственно. Полученная величина γ согласуется с данными ММС для низкомолекулярных соединений, согласно которым при $\gamma \leqslant 5$ начинают проявляться взаимодействия между молекулами растворенного вещества, изменяющие характер его гидратации. Отсюда следует, что степень гидратации декстранов определяется не столько состоянием воды в объеме раствора, сколько соотношением свободной и связанной воды в системе. Независимость степени гидратации декстранов от их молекулярной массы и концентрации (в пределах $C_2 \leqslant C_1/5N_\theta$) приводит к выводу, что полученные по данным ММС величины N_θ определяются молекулярной структурой декстранов и воды, т.е. характером распределения воды между связанной и свободной фракциями.

Введение. Декстраны - природные гомополисахариды; мономер - остаток моносахарида D-глюкозы. Декстраны находят широкое применение в медицине, а также являются удобными объектами для изучения гидратации полисахаридов, т.к. в отличие от других природных полисахаридов, их можно характеризовать определенной молекулярной массой и линейным строением цепей. Сами полисахариды практически не поглощают КВЧ-излучение, но они могут оказывать заметное влияние на поглощательную способность воды.

Результаты и обсуждение. В работе методом ММ-спектроскопии (ММС) исследовано влияние полисахаридов-декстранов разной молекулярной массы (Т-10 + Т-125 000) на состояние воды в водных растворах. Измерено поглощение (α, дБ/мм) КВЧ-излучения (λ 2÷8 мм) водными растворами декстранов в интервале концентраций P_2= 5 ÷ 20 масс.% (в отдельных случаях до 50 масс.%). Показано (рис.), что зависимость $\alpha(P_2)$ в широком интервале P_2 является линейной . Во всем интервале измеренных P_2 экспериментально найденные величины поглощения $\alpha_{эксп}$ меньше вклада в поглощение присутствующей в растворе воды $C_1 æ_1$. По величине отклонения поглощения $\alpha_{эксп}$ растворов от $C_1 æ_1$ определены степени гидратации $H_в$ (г H_2O/г декстрана) и числа гидратации N_e (моль H_2O/моль мономерного звена) исследованных соединений (таблица): $N_e = (C_1 æ_1 - \alpha_{эксп})/C_2 æ_1$;



$$H_в = N_e * M_1/M_2; \qquad H_в = (P_1/P_2) - \alpha_{эксп} M_1/10\, P_2 æ_1 d_4^t,$$

где C_1 и C_2 - молярные концентрации воды и исследуемого соединения, P_1 и P_2 - концентрации воды и исследуемого соединения в масс.%, соответственно, $æ_1 = \alpha_{H_2O} * M_{H_2O}/10^3 * d^t_{4(H_2O)}$ - молярный коэффициент поглощения воды, d_4^t - плотность раствора при температуре измерения t.

Таблица.

N п/п	Т-Х -декстраны с $M_2 = X * 10^3$	Концентрация масс.%	λ ≈2 мм		λ 5,84 мм		λ 7,12 мм	
			$H_в$	$N_θ$	$H_в$	$N_θ$	$H_в$	$N_θ$
1	Т-10	5-30 50	0,31 0,22	2,8 1,9	0,25	2,2	0,2	1,8
2	Т-20	5-20	0,33	3,0				
3	Т-35	5-20	0,32	2,9				
4	Т-40	5-30 50	0,33 0,18	3,0 1,5	0,24	2,2	0,21	1,9
5	Т-70	5-20	0,31	2,8				
6	Т-500	5-20	0,31	2,8	0,2	1,8	0,2	1,8
7	Т-2000	5-20	0,3	2,7				
8	Т-125000	5-10	0,32	2,9				

Из таблицы видно, что в пределах точности эксперимента ($\Delta H_в <$ 0,02) декстраны, независимо от их молекулярной массы, имеют одинаковые величины $H_в$ и $N_θ$ ($H_в \simeq 0,32$, $N_θ \simeq 2,8$), которые практически совпадают с $N_θ$ мономера - глюкозы [1]. В пределах концентраций 5-20 масс.% величины $H_в$ и $N_θ$ остаются постоянными. Заметные изменения в величинах $H_в$ и $N_θ$ обнаружены в очень концентрированных растворах (~50 масс.%), в которых по данным, полученным на λ~2 мм отношение общего количества воды к количеству связанной $\gamma = C_1/C_2N_θ \leqslant 5$. Согласно данным, полученным в этом диапазоне частот для низкомолекулярных соединений, при $\gamma \leqslant 5$ в растворе начинают проявляться взаимодействия между молекулами растворенного вещества, изменяющие характер его гидратации [2]. Постоянство параметров гидратации во всем диапазоне концентраций декстранов наблюдается несмотря на концентрационную зависимость вязкости растворов. Из полученных данных следует, что $H_в$ и $N_θ$ полиглюкинов определяются не столько вязкостью растворов, сколько соотношением свободной и связанной воды в системе.

Совпадение величин $H_в$ и $N_θ$ декстранов и глюкозы свидетельствует об одинаковом характере гидратации мономера и полимеров. Заниженные гидратационные эффекты у декстранов, по-видимому, имеют

ту же природу, что и у моносахаридов [1], на что указывает также уменьшение величин H_s и N_θ декстранов с увеличением длины волны КВЧ-излучения (таблица).

Полученные результаты показывают, что торможение вращательной подвижности молекул воды под действием примесных частиц неэлектролитов происходит преимущественно в первом гидратном слое и практически не распространяется на объем растворителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хургин Ю.И., Завизион В.А., Кудряшова В.А., Максарева Е.Ю. Сложная природа гидратации моносахаридов в водных системах.- См. в этом сборнике.

2. Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Исследование межмолекулярных взаимодействий в растворах методом миллиметровой спектроскопии. Сообщение 3. Эффекты гидратации в водных растворах спиртов.- Изв. АН СССР, сер.хим.- 1989.- N8.- С.1755-1761.

THE STATE OF WATER IN AQUEOUS SOLUTIONS OF DEXTRANS

*Kudryashova V.A., *Zavizion V.A., **Khurgin Yu.I.

*Institute of Radioengeneering and Electronics of Acad. Sci.USSR, 103907, Moscow GSP-3, Manezhnaya sq., 6.

**Institute of Organic Chemistry of Acad. Sci., USSR. 117913, Moscow GSP-2, Leninski prosp., 47.

Using millimeter spectroscopy (MMS) method we have investigated the hydration of dextrans of different molecular weights (T-10 ÷ T-125 000) within the concentration range of 5 ÷ 20 mass% (in some cases up to 50 mass %). From MMS data we had evaluated the degree of hydration H_s (g H_2O/g dextran) and the hydration numbers of monomeric residue N_θ (mole of water/mole of monosaccharide residue) of dextrans. It was shown experimentally that dextrans independently of their molecular weight have identical values of N_θ (within the experimental accuracy) that are practically the same as N_θ of monomer (glucose) ($N_\theta \approx 2.8$ and ≈ 3.1 respectively). We founded that the contribution of OH-group to N_θ for aliphatic alcohols is ≈ 1.5 molecules H_2O per OH-group, therefore the expected polar hydration of dextrans should be $N_\theta = 5$ ÷

6. We suppose that the mechanisms of interaction of dextrans and monosaccharides with water have identical nature.

Under the increase of concentration up to 30 mass % the values of N_e of dextrans did not changed significantly; the marked changes of N_e was found only for very concentrated solutions (~50 mass %) when the ratio of whole water content and the hydration water do not exceed 5 ($\gamma=C_1/C_2N_e \leq 5$); C_1 and C_2 are concentrations of water and monomeric residue in mole/l, respectively). The obtained γ values are in good agreement with MMS data for low-molecular compounds: at $\gamma \leq 5$ the interactions between the solute molecules take place. Hence the hydration degree of dextrans primarily is determined by the ratio of whole and bound water content in the system and not by viscosity of the solution. The independence of hydration degree of dextrans upon their molecular weight and concentration (within $C_2 \leq C_1/5N_e$) leads to the conclusion that the values of N_e evaluated from MMS data are governed by the molecular structure of dextrans and water i.e. by the relationships of distributions between different water fractions.

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД, НА ХАРАКТЕР ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДЫ В ММ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

*Звизион В.А., *Кудряшова В.А., **Хургин Ю.И.
*Институт радиотехники и электроники АН СССР,
103907, Москва ГСП-3, Манежная пл., 6.
**Институт органической химии АН СССР,
117913, Москва ГСП-2, Ленинский просп., 47.

Реферат. Обсуждается роль присутствующей в коже воды в эффектах, наблюдаемых в КВЧ-терапии: вращательно подвижные молекулы воды - ротаторы, поглощая КВЧ-излучение, воздействуют на первичные физиологические мишени - биологические макромолекулы. Концентрация фракции ротаторов в коже зависит от содержания в ней низкомолекулярных веществ, например, солей. В связи с этим нами исследовано взаимодействие воды с различными анионами и катионами. Хорошо известно, что ионы изменяют ряд динамических характеристик воды в своем ближайшем окружении (эффекты положительной и отрицательной гидратации). Нами показано, что такие явления можно исследовать с помощью абсорбционной КВЧ-спектроскопии, использующей тот же спектральный диапазон, что и КВЧ-терапия.

Нами исследованы концентрационные зависимости поглощения КВЧ-излучения в диапазоне длин волн λ 2-8 мм водными растворами некоторых 1:1, 1:2 и 2:1 солей при 20-40°С. Были обнаружены следующие закономерности:

1) Введение электролитов в воду приводит к двум противоположным эффектам: ионы K^+, H_3^+O, NH_4^+, Cl^-, OH^- увеличивают поглощательную способность воды (отрицательная гидратация), а ионы Na^+, Li^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}, CO_3^{-2} уменьшают ее (положительная гидратация.

2) При увеличении длины волны излучения от 2 до 7 мм поглощение чистой воды уменьшается (от ~40 до ~20 дБ/мм при 20°С), а наблюдаемые гидратационные эффекты (влияние ионов на поглощение воды) частично компенсируют это уменьшение.

3) При повышении температуры растворов до 40°С поглощательная

Таблица 1. Эффективные числа гидратации N_e солей

Вещество	t°, C	Длина волны λ, мм		
		2	5,84	7,12
NaCl	20	-0,6	-0,4	-1,0
	40	-0,8		
LiCl	20	0,8	0,8	0,7
	40	0,8		
KCl	20	-3,7	-3,6	-4,1
	40	-3,1		
HCl	20	-5,3	-10,3	-11,6
$CaCl_2$	20	2,3	2,2	1,8
	40	2,5		
$MgCl_2$	20	4,8	4,2	3,2
	40	4,2		
KH_2PO_4	20	-1,9	-1,3	-1,5
K_2HPO_4	20	0,02		-1,1
	40	-0,04		
NaH_2PO_4	20	3,0	2,0	1,5
	40	2,4		
Na_2HPO_4	20	7,4	4,5	4,0
	40	5,1		
Na_2CO_3	20	4,8	4,4	3,4
	40	4,6		
$(NH_4)_2CO_3$	20		-3,9	-4,6

способность чистой воды на λ~2 мм увеличивается (от ~40 дБ/мм при 20°С до ~50 дБ/мм при 40°С),а за счет гидратационных эффектов ионов поглощение воды, хотя и слабо, но уменьшается.

Введение. Вода - основная компонента живого организма и одна из сильно поглощающих КВЧ-излучение жидкостей. Поглощение воды изменяется с изменением температуры, а также концентрации и природы присутствующих в ней веществ, как высоко- , так и низкомолекулярных. Обязательными компонентами биологических сред являются ионы неорганических соединений. В связи с этим нельзя не учитывать влияние ионов на характер поглощения КВЧ-излучения биологическими системами.

Результаты и обсуждение. В работе исследован характер поглощения ММ-излучения (λ 2+8 мм) при 20 и 40°С водными растворами минеральных солей, ионы которых содержатся в биологических средах (таблица 1). Показано, что зависимость экспериментально найденных величин поглощения растворов ($\alpha_{эксп}$) от концентрации солей (C_2, моль/л) в широком интервале концентраций имеет линейный характер; линейность нарушается в концентрированных растворах, когда начинают проявляться взаимодействия между ионами. Величины

$\alpha_{эксп}$ растворов некоторых солей ниже, а других выше вклада в поглощение присутствующей в растворе воды $C_1æ_1$ (положительный и отрицательный дефицит поглощения [1]). По величине дефицита поглощения $\delta\alpha = C_1æ_1 - \alpha_{эксп}$ по аналогии с неэлектролитами рассчитаны эффективные числа гидратации солей $N_\theta = \delta\alpha / C_2æ_1$ (табл.1). Поскольку в водных растворах соли диссоциируют на ионы, то, конечно, следует рассматривать влияние на состояние воды не молекул солей, а ионов. При этом необходимо иметь в виду, что катионы и анионы, из которых состоит та или иная соль, могут оказывать разное (часто противоположное) влияние на состояние воды в своем ближайшем окружении.

ММ-спектроскопия позволяет давать однозначную оценку влияния растворенного вещества на состояние воды в растворе только в случае двухкомпонентной системы. Растворы же солей являются по крайней мере трехкомпонентными системами. В связи с этим сделать количественную оценку влияния того или иного иона на состояние воды в растворе, т.е. определить число гидратации N_θ^i иона, можно в том случае, если известно N_θ^i хотя бы одного иона. При этом надо учитывать, что N_θ^i для одного и того же иона, найденные разными методами, могут сильно различаться между собой, т.к. величина N_θ^i зависит от изучаемого свойства растворов. Изменение диэлектрических параметров водных растворов электролитов связано с изменением трансляционной подвижности молекул воды в ближнем окружении иона, т.е. с ближней гидратацией ионов. В [2] с помощью расчета, подтвержденного экспериментом, определены N_θ^i для ближней гидратации ряда катионов. Так, для иона Ca^{+2} для концентраций более 0,4 моль/л найдены величины $N_\theta^i = 5,5$. Это позволило нам рассчитать величины N_θ^i ионов, входящих в состав исследованных солей (табл.2).

Из таблицы 2 видно, что качественно полученные данные находятся в хорошем соответствии с литературными данными о положительной и отрицательной гидратации ионов: ионы Li^+, Na^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}, CO_3^{-2} ослабляют поглощательную способность воды (положительная гидратация), а ионы K^+, H_3^+O, NH_4^+ и Cl^- ее усиливают (отрицательная гидратация).

Из совокупности полученных данных по гидратационным эффектам

Таблица 2. Эффективные числа гидратации ионов N^i_θ.

λ,мм	t°C	Na^+	H^+	K^+	Li^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	NH_4^+	Cl^-	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{-2}	CO_3^{-2}
2	20°	1,0	-3,7	-2,1	2,4	5,5	8,0		-1,6	1,0	4,5	2,0
	40°	0,7		-1,6	2,3	5,5	7,2		-1,5	1,7	2,8	3,2
5,84	20°	1,2	-8,7	-2,0	2,4	5,5	7,0	-3,0	-1,6	0,7	2,1	2,0
7,12	20°	0,9	-9,8	-2,3	2,4	5,5	6,8	-3,1	-1,8	0,7	3,5	1,6

солей и ионов (табл.1 и 2) также видно, что с увеличением длины волны КВЧ-излучения положительная гидратация для большинства электролитов уменьшается, а отрицательная имеет тенденцию к увеличению. Повышение температуры растворов до 40°С не приводит к резким изменениям в величинах N_θ солей и ионов, поглощение чистой воды при этом возрастает от ~40 дБ/мм до ~50 дБ/мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшова В.А., Завизион В.А., Хургин Ю.И. КВЧ-спектроскопия водных биологических систем. См. в этом сборнике.
2. Enderly J.E. Ions in aqueous solutions. Sci. Prog. Oxf.- 1981.- V.67.- P.553.

THE INFLUENCE OF IONS TYPICAL FOR BIOLOGICAL MEDIA ON THE CHARACTERISTICS OF MM WAVELENGTH RANGE BY WATER

*Zavizion V.A., *Kudryashova V.A., **Khurgin Yu.I.
*Institute of Radioengeneering and Electronics of Acad. Sci.USSR, 103907, Moscow GSP-3, Manezhnaya sq., 6.
**Institute of Organic Chemistry of Acad. Sci., USSR. II79I3, Moscow GSP-2, Leninski prosp., 47.

Formerly we have discussed the contribution of intraskin water to efficiency of EHF-therapy: the freely rotating water

molecules absorb the EHF-radiation and then triggersthe biological activity of primary physiological targets such as cellular macromolecules. The content of free water fraction depends on concentration of low-molecular solutes e.g. salts. This led us to the necessity of studying the interaction of water with different anions and cations. It is well known that ions can change some dynamic parameters of surrounding water (the effects of positive and negative hydration). We have shown that these phenomena may be unambiguously identified by means of EHF absorption spectroscopy.We should underline that this used frequency interval coincides with effectively used in EHF-therapy one.

We have studied the concentration dependency of absorption of EHF-radiation in λ 2-8 mm range by aqueous solutions of some 1:1, 1:2 and 2:1 salts at 20-40°C. Some conclusions where made:

1. There are two alternative effects: the H_3^+O, K^+, NH_4^+, Cl^- increase the EHF-absorption of solvent water (negative hydration) and other effect is of opposite sense -the decrease of absorption by Li^+, Na^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}, CO_3^{-2} (positive hydration).

2. When the wavelength raises from 2 to 7.12 mm the absorption of pure water decrease. But the ion hydration partially compensates the former decreasing effect.

3. The temperature increase up to 40°C leads to rise of water EHF-absorption at λ≈2 mm while the hydration effects gives some compensation of considered absorption rise.

СТРУКТУРНЫЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДЫ В РАСТВОРАХ, ИХ СВЯЗЬ С ГОМОГЕННЫМИ И ГЕТЕРОГЕННЫМИ РАВНОВЕСИЯМИ И ДЕЙСТВИЕ СВЧ И КВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

А.К.Лященко, А.С.Лилеев
Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова АН СССР
Москва II7907, Ленинский пр., 3I

Рассмотрение воздействия СВЧ и КВЧ излучения на биологические системы должно включать анализ химических процессов наряду с физическими и биологическими. В то же время разнообразие и сложность межчастичных взаимодействий в биологических объектах оставляют небольшой выбор возможностей для построения единого описания через определяющие молекулярные параметры. Вода является основой таких систем, поэтому общий механизм процесса можно связать с влиянием структурных изменений воды при изменениях состава растворов и внешних факторов (температура, давление, действие излучений и др.) на гомогенные и гетерогенные равновесия. Соотнесение моделей структуры воды и растворов и их свойств может быть дано на основе представлений о разновременных I V и D структурах жидкости [I]. При этом переход к сокращенному описанию можно провести в уточняющей трактовке [2], выделяющей три разных состояния молекул воды: I) частицы усредняющие центры молекулярных колебаний в постоянном поле соседей вне поля нарушений создаваемых другими частицами в исходной тетраэдрической упаковке (V конфигурации); 2) частицы вне временных положений равновесия (узлов сетки) или занимающие ориентационно разупорядоченные позиции в этих узлах. (Такие частицы создают локальные нарушения или дефекты, которые могут быть выделены по отношению к локальным V'структурам); 3) частицы, колебания которых во временных положениях равновесия осуществляются в быстропеременном поле нарушений или дефектов (V' конфигурации). Единая сетка воды здесь рассматривается как ансамбль конфигураций, в котором присутствуют пространственно разобщенные участки с разной степенью совершенства тетраэдрических клеток постройки. При этом геометрия наиболее вероятных D структур та же, что и для V структур. Это подтверждают данные диэлектрической релаксации воды, из которых следует одно τ в H_2O и D_2O с практически нулевым параметром распределения α [3]. Структурные

изменения воды в растворах можно представить смещением квазихимического равновесия в разной степени упорядоченных V и V'структур единой сетки Н-связей отличающихся степенью упорядоченности. Такое перераспределение частиц должно создавать эффект стабилизации в системе тех конфигураций объемной воды и гидратной оболочки, которые лучше соответствуют друг другу. Геометрический анализ комплементарности конфигураций гидратных оболочек был проведен для большого числа водно-электролитных и водно-неэлектролитных систем (>I50). При этом структурный механизм гидрофобной гидратации для молекул и ионов с неполярными группами связан с увеличением степени тетраэдричности конфигураций гидратной оболочки за пределами первой сферы, которая достигается на основе комплементарности конфигураций в V и V' структурах единой сетки воды. Определяющая роль эффектов дальнодействия в этом случае существенна для понимания процессов в водных биологических объектах, развивающихся при достаточных концентрациях воды.

Общие закономерности диэлектрической релаксации водных растворов, связанные со структурными изменениями воды при гидрофильной и гидрофобной гидратации были установлены на основе систематического исследования СВЧ диэлектрических свойств растворов электролитов и неэлектролитов в интервале температур и концентраций для 46 систем (частоты 7-25 ГГц, температуры 5-50 или I0-40^{o}С). На основе измерений комплексной диэлектрической проницаемости водных растворов альдегидов, амидов, одноатомных и многоатомных спиртов, карбоновых и ряда других кислот, солей аммония, гуанидиния, тетраалкиламмония и других, найдены характеристики, отражающие динамику сетки Н-связей в растворах в процессе поляризации водного диэлектрика (τ, $\Delta H_{\varepsilon}^{++}$ и $\Delta S_{\varepsilon}^{++}$), характеризующие связанность и структурированность сетки воды. Эти данные суммированы в табл.I, где видны различия ее структурных изменений под действием разных функциональных групп молекул. Молекулы с гидрофильной гидратацией в разной степени нарушают структуру воды. Нарушающее действие полярных групп проявляется как при образовании более сильных, так и более слабых связей с водой по сравнению со связями вода-вода. Стабилизация структуры воды под действием полярных групп наблюдается только в случае структурно-геометрического соответствия конфигураций внедряющейся молекулы кон-

Таблица I

Характеристики диэлектрической релаксации растворов с гидрофобной и гидрофильной гидратацией по сравнению с водой

Вещество	$\Delta\tau$	$\Delta(\Delta H_{\varepsilon}^{++})$	$\Delta(\Delta S_{\varepsilon}^{++})$	Вещество	$\Delta\tau$	$\Delta(\Delta H_{\varepsilon}^{++})$	$\Delta(\Delta S_{\varepsilon}^{++})$
H_2O_2	~ 0	~ 0	~ 0	CH_3COOH	>	⩾	⩾
HF	>	>	>	C_2H_5COOH	>	>	>
$H_2C_2O_4$	>	⩾	⩾	C_3H_7COOH	>	>	>
H_3BO_3	⩽	⩽	⩽	C_3H_7OH	>	>	>
CHOOH	>	<	<	1-C_3H_7OH	>	>	>
$CHONH_2$	>	<	<	$(CH_3)_3COH$	>	>	>
$(NH_2)_2CO$	>	<	<	CH_2OHCH_2OH	>	>	>
$(NH_2)_2CS$	>	<	<	CH_3CHO	>	>	>
CH_3CONH_2	>	<	<	t-BuOH[NaCl+H_2O]	>	>	>
глицерин	>	⩾	⩽	t-BuOH[$(NH_2)_2CO$+H_2O]	>	<*,>	<,>
CH_2O	>	<	<	ГМФТ[$(NH_2)_2CO$+H_2O]	>	<*,>	<,>

*при начальных концентрациях

фигурациям структуры воды. По данным для двойных и тройных систем (изменения τ, $\Delta H_{\varepsilon}^{++}$ и $\Delta S_{\varepsilon}^{++}$ по знаку и величине) могут быть выделены проявления гидрофобной гидратации в процессах ориентационной поляризации водного диэлектрика. Гидрофобная гидратация растет с числом неполярных групп; наличие полярных групп в разной степени снижает эти эффекты. Влияние неполярных частиц на воду значительно сильнее, чем полярных, сходных по размеру и геометрической форме. На основе данных диэлектрической релаксации в тройных системах могут быть выделены взаимовлияния растворенных частиц с гидрофильной и гидрофобной гидратацией, осуществляющиеся через структуру объемной воды.

Влияние структурного изменения воды в растворах на гомогенные и гетерогенные равновесия показано на примерах комплексообразования, мембранного разделения водно-неэлектролитных смесей, растворимости, высаливания газов и солей [4-6]. Случай кислотно-основного равновесия представляет особый интерес, так как биологические изменения здесь могут быть следствием минимального воздействия на систему. Была установлена корреляция структурных изменений воды растворов по данным диэлектрической релаксации и

других структурно-чувствительных свойств с изменеим функции кислотности Гаммета в 20 тройных модельных системах (рис.I). Увеличение (уменьшение) структурированности воды ведет к уменьшению (росту) протоно-донорной способности среды [7]. Такая закономерность связана с тем, что гидратация протона, расположенного на Н-связи между двумя молекулами воды, зависит от совершенства сетки воды. С увеличением доли ее V конфигураций гидратация протона растет.

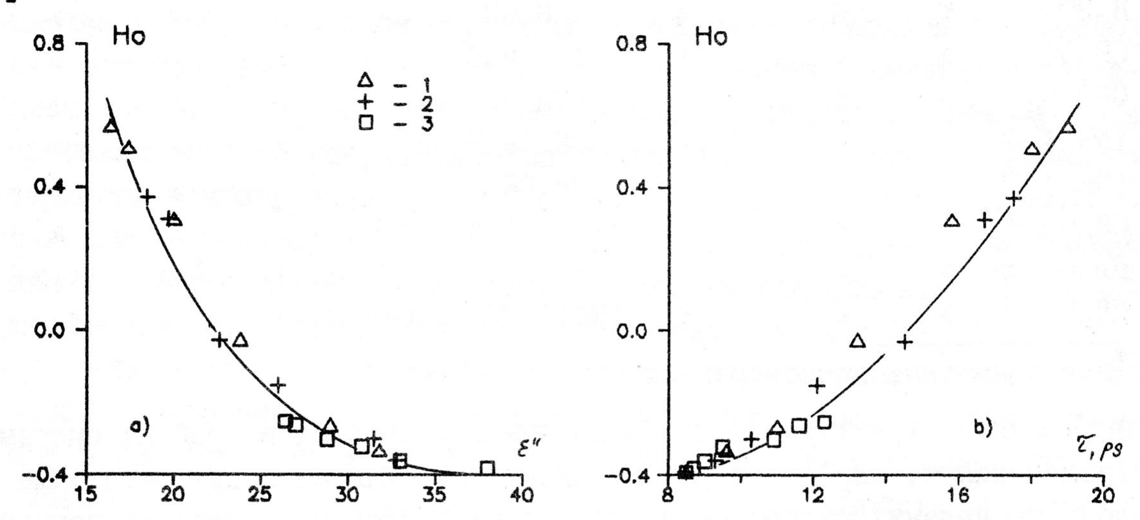
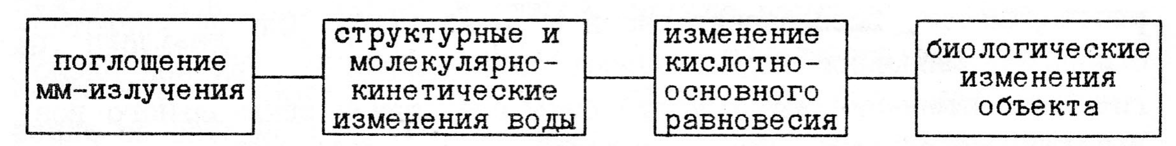


Рис.1. Связь функции кислотности Гаммета (H_o) с дипольными потерями для λ=12мм (а) и временем диэлектрической релаксации (b) при 25°С для растворов: 1- трет-бутанола, 2- изо-пропанола, 3-этиленгликоля

Предлагается модель химического влияния излучения (в области частот дисперсии диэлектрической проницаемости воды) на биологические объекты, которое появляется как следствие структурных изменений воды под воздействием излучения и соответствующего смещения кислотно-основного равновесия. Такой эффект может осуществляться в локальном объеме и не требует высокой интенсивности излучения. Предлагается следующая общая схема:



Реализация этой схемы будет зависеть от особенностей структуры воды в сложных водных системах и биологических объектах, которая

меняется от количеств свободной воды, температуры, давления, соотношения полярных и неполярных групп веществ в растворе и на поверхности макромолекул и др. Все эти параметры в каждом конкретном случае создают свою специфику поглощения ЭМИ в растворах и определяет возможность влияния излучения низкой интенсивности.

Литература

I.Фишер И.З. Статистическая теория жидкостей. ГИФМЛ М.I96I. С.II5

2.Лященко А.К. Журн.структ.химии -I984. Т.25 №2.С.69

3.Жарких А.А.,Лященко А.К.,Харькин В.С.Гончаров В.В.,,Лилеев А.С. Журн.физич.химии -I99I. Т.65. №2. С.553

4.Лященко А.К.,Борина А.Ф.,Крыстева Р. Журн.неорг.химии -I986. Т.30. №I2. С.3I96

5.Lyashchenko A.C., Chyragulov B.R. Proceedings of the 10-th International conference on properties of steam. -M.Mir Publishers, 1986.- V.2. P.258

6.Кулов Н.Н.,Лилеев А.С.,Лященко А.К.,Пельтцер В.Л., Фомичев С.В. Докл. АН СССР I989. Т.308. №6. С.73I

7.Лященко А.К.,Черняк А.С.,Шепотько М.Л.,Поблинков Д.Б. Журн.физич.химии -I980. Т.54. №6. С.I504

Abstract

Changes in structure and dielectric properties of water in aqueous solutions, their correlation with homogenic and heterogenic equilibria; the effect of SHF irradiation on biological objects.

A.C.Lyashchenko, A.S.Lileev

Moscow 117907, Leninsky pr.31, Institute of General and Inorganic Chemistry of Acad. Sci. USSR

The relationship between dynamic of H-bonds network of water molecules and homogenic and heterogenic equilibria are analyzed. Experimental data reflecting changes in dielectric properties (τ, $\Delta H_{\varepsilon}^{++}$ и $\Delta S_{\varepsilon}^{++}$) of aqueous nonelectrolyte solutions in respect to water are presented. The direct correlation between ε'', τ and Hammet's function of acidity of these solutions are found. The scheme of electromagnetic irradiation affectation on biological objects is proposed. It considers the stages of molecular-kinetic state variation of water molecules caused by irradiation and local shift in an acid-basic equilibrium as a result.

СТРУКТУРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ВОДЕ С РАСТВОРЕННЫМ ВОЗДУХОМ

Г.М.Мантрова

Институт радиотехники и электроники АН СССР
103907, Москва ГСП-3, проспект Маркса,18

Реферат. На основании исследования температурных зависимостей поглощения миллиметрового излучения низкой интенсивности в работе сделаны предположения об особенностях структурных изменений воды вблизи молекул растворенного воздуха. В диапазоне частот 32-37 ГГц и для плотности потока мощности 10 мВт/см^2 при температурах вблизи 20,30,35 С^o отмечены нарушения монотонного изменения поглощения, что может быть связано со ступенчатым изменением количества структурированной воды. Температуры наблюдаемых переходов можно рассматривать как температуры разрушения упорядоченных слоев воды вокруг молекул растворенного воздуха.

Введение. Известно, что свойства воды, находящейся у поверхности, отличаются от свойств объемной воды. Опубликованы обзоры большого числа экспериментальных работ, в которых, в частности, показано существование изломов на кривых температурных зависимостей ряда свойств воды в поверхностных слоях, что рассматривается как косвенное свидетельство ее особой структуры и структурных изменений [1].

В работе [2] экспериментально исследованы тепловые аномалии поглощения СВЧ сигнала на частоте 10 ГГц в смеси слабых растворов электролитов с полистирольными частицами и показано, что существует излом на температурной зависимости поглощения. Температура, при которой наблюдается аномалия, зависит от природы и количества ионов, растворенных в воде.

Существование особой структуры воды в поверхностных слоях подтверждается также и результатами расчетов методами молекулярной динамики и Монте-Карло структуры воды в свободных тонких пленках и у поверхности твердого тела. Было показано, что образуются слои связанной воды, параллельные ограничиваю-

щим поверхностям. Молекулы воды в слое связаны между собой более сильными водородными связями (5-6 ккал/моль), чем молекулы воды, находящиеся в разных слоях (меньше 4 ккал/моль) и чем молекулы в объемной воде (4,5 ккал/моль). Сильные водородные связи определяют повышенную стабильность структуры слоев. Система слоев имеет ориентационную упорядоченность. При повышении температуры число слоев упорядоченной воды уменьшается [2,3].

Теми же расчетными методами было показано, что в водном растворе газа образуется аналогичная слоистая динамическая структура вокруг каждой молекулы газа, с толщиной слоя порядка диаметра молекулы воды [4].

Результаты и обсуждение. Данная работа посвящена экспериментальному изучению структурных изменений в воде в присутствии растворенного воздуха, происходящих при изменении температуры. В работе исследовалось поглощение водой излучения сигнала в миллиметровом диапазоне длин волн. Измерения проводились в диапазоне частот 32-37 ГГц при плотности потока мощности порядка 10 мВт/см и при изменении температуры воды от 10 до 45°С. Вода помещалась в канал тефлоновой вставки, располагавшейся в термостатированной секции волновода, диаметр канала 1,3 мм, длина канала 24 мм. Температура измерялась термопарой, расположенной на секции волновода, скорость изменения температуры не превышала 0,5 гр/мин. Общее поглощение исследуемого объема воды составляло 18-20 дБ, что позволяло надежно регистрировать изменения поглощения воды в зависимости от температуры.

Были получены температурные зависимости изменения мощности прошедшего сигнала для воды с растворенным воздухом и для дегазированной воды (рис.1). В присутствии растворенного воздуха, а именно, для водопроводной воды, дистиллированной воды, находившейся на воздухе длительное время, а также для дистиллированной воды, насыщенной воздухом путем взбалтывания, эти характеристики имеют заметные изломы при температурах 20-21, 29-30, 34-35 С°, как при нагревании, так и при охлаждении.

Для воды с пониженным содержанием воздуха, а именно, свежей дистиллированной воды и дегазированной воды, неоднород-

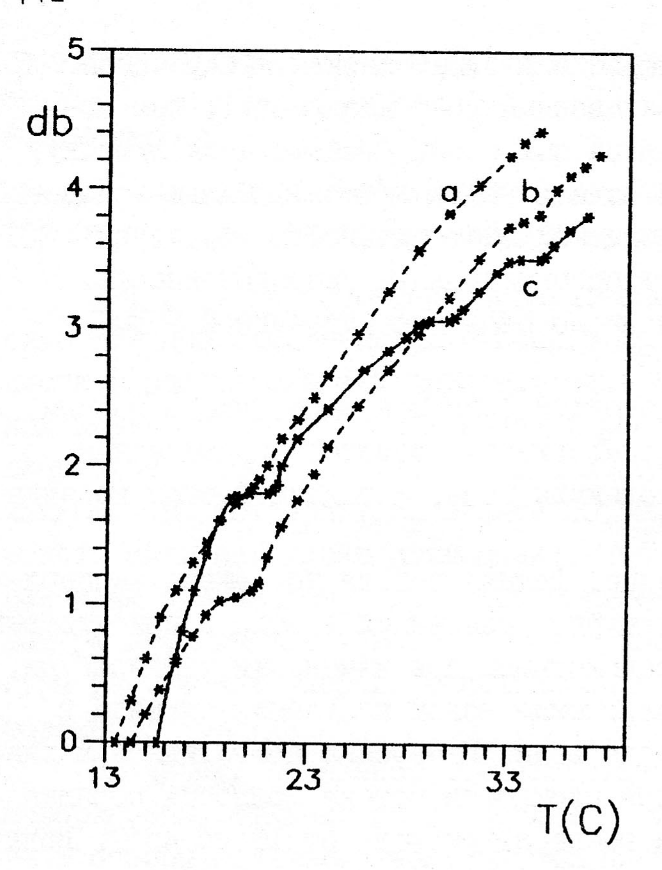


Рис.I. Изменение уровня мощности прошедшего сигнала в зависимости от температуры для дегазированной дистиллированной воды (а), дистиллированной воды с растворенным воздухом (в), для водопроводной воды (с) (погрешность измерения мощности 0,03 *dб*).

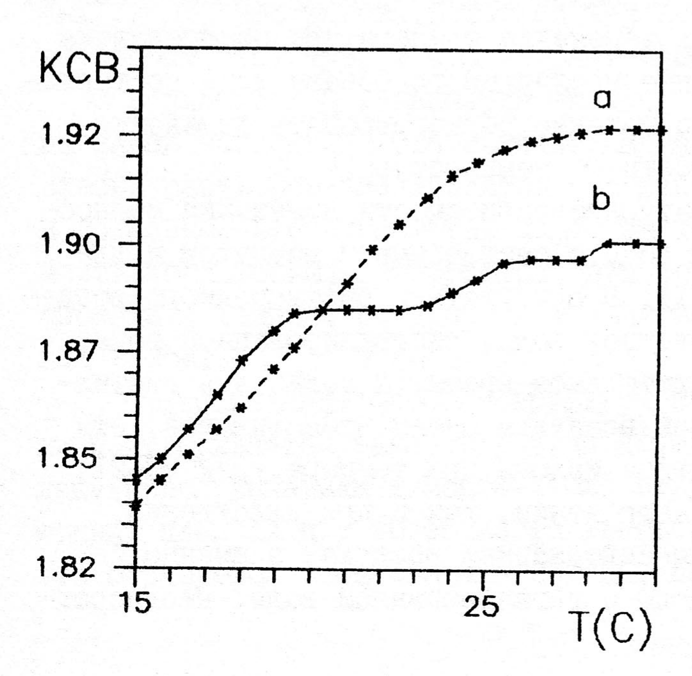


Рис.2. КСВ водопроводной дегазированной воды (а), водопроводной воды (в).

ности не наблюдались или были значительно слабее.

Аналогичная картина наблюдалась при измерениях КСВ слоя воды толщиной 4 мм в тефлоновой кювете, расположенной поперек волноводной секции. С повышением температуры КСВ плавно росло для воды с малым содержанием воздуха, в присутствии же растворенного воздуха при температурах, соответствующих неоднородностям поглощения, на кривых КСВ наблюдались ступеньки (рис.2).

Неоднородности на зависимостях поглощения и КСВ можно связать с присутствием в воде растворенного воздуха. Предварительные оценки, сделанные на основе величины энергии водородных связей в слоях и в объемной воде, показывают, что при нагревании становится возможным разрушение внешних слоев воды, существующих вокруг молекул растворенного воздуха. Можно предположить, что температуры тепловых аномалий поглощения представляют собой температуры разрушения внешних слоев воды, когда меняется соотношение между количеством объемной воды и воды, связанной в слоях вокруг молекул воздуха, приводя к ступенчатому характеру изменения поглощения от температуры.

Литература

I. Drost-Hansen W., Etsler F. Croat Chem. acta 1983, V.56, P.363-392.
2. C.Ballario, A.Bonincontro, C.Cametti J.Colloid a. Interface Sci, 1978, V.63, 3, P.567.
3. Антонченко В.Я. Микроскопическая теория воды в порах мембран. Киев. Наукова думка I983.
4. Антонченко В.Я.,Ильин В.В., Маковский Н.Н. Проблемы современной статистической физики. Киев, Наукова думка, I985, С.27-34.
5. Bolis G., Clementi E. Chem. Phys. Lett, 1981, V.82, PP.147-152.

STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN WATER WITH DISSOLVED AIR

G.M.Mantrova
Institute of Radiotechnics and Electronics AN USSR
103907, Moskva, Marx avenue 18.

The temperature dependence of microwave absorption in water with dissolved air at range 32-37 GHz, and the power flow less 10 mW/cm^2 is presented. These measurements indicate the presence of disturbances for the monotone temperature-dependent water absorption at about 20, 30 and 35 C. The interpretation of this feature is discussed in terms of the water shells structure around air molecules. Transformation temperatures one can regard as temperatures at which destruction of the hydration shells in the immediate vicinity of air molecules is taking place.

РАЗДЕЛ IУ

Серийная аппаратура для КВЧ-терапии"Явь-1" и ее перспективные модификации.

Голант М.Б., Дедик Ю.В.
НПО "Исток" , 141120 , Фрязино

Реферат. Анализируются специфические особенности КВЧ-терапевтических установок "Явь-1" , определяющие эффективность их использования. Возможности этих установок сопоставляются как с возможностями традиционной медицинской аппаратуры и средств, так и с возможностями других КВЧ-терапевтических установок.

Результаты и обсуждение. Принципиальные конструктивные и радиотехнические особенности КВЧ-терапевтических установок "Явь-1" достаточно подробно освещались и ранее (см., например, [1]), так что повторять их в кратком докладе смысла не имеет, тем более, что эти установки в настоящее время выпускаются в тысячах экземпляров ежегодно и благодаря своей исключительно высокой эффективности достаточно популярны.

Вряд ли можно в кратком докладе изложить непростую физику осуществляемых с их помощью лечебных воздействий на организм или медицинские особенности их использования при лечении тех или иных нозологий, к тому же указанные вопросы освещены в монографиях [2 , 3].

Поэтому при существующей ситуации наиболее рациональным представляется использовать доклад, чтобы предельно сжато сформулировать, в чем же заключаются те особенности подхода к созданию приборов, которые определили как собственную эффективность этих приборов, так и возможность дальнейшего ее повышения.

Установки "Явь-1" принадлежат к с каждым днем увеличивающемуся семейству КВЧ-терапевтических установок. И во всех таких установках в той или иной мере отражаются преимущества КВЧ-терапии. Научный анализ природы этих преимуществ проведен в первой главе [2]. Вкратце эти преимущества определяются тем , что волны миллиметрового диапазона являются основным инструментом, используемым необычайно совершенной кибернртической системой организма для восстановления и поддержания гомеостаза. Действия искусственно создаваемых лекарств или иных лечебных средств слишком примитивны по сравнению с возможностями этой кибернетической системы и не могут подменить ее влияния на восстановление организма. Поэтому организм в пору расцвета своих сил много более эффективен в своей деятельности по поддержанию и восстановлению гомеостаза, чем любые искусственно создаваемые и используемые в традиционной медицине средства. Что же касается КВЧ-терапии, то она эффективна в той мере, в которой с ее помощью удается смоделировать сигналы управления собственной системы поддержания и восстановления гомеостаза организма.

Однако различные КВЧ-терапевтические установки также существенно отличаются друг от друга.

"Явь-1" явилась одной из первых КВЧ-терапевтических установок, доведенных до промышленного выпуска, и другие КВЧ-терапевтические установки создавались с использованием ее

данных. Естественно, при создании новых установок их разработчики в меру своего понимания вопроса стремились усовершенствовать "Явь-1". Иногда изменения затрагивали только габаритные и внешние характеристики (хотя они тоже имеют определенное значение, но далеко не главное, и мы их касаться не будем), но чаще были связаны с теми или иными принципиальными нововведениями. В большинстве случаев эти более принципиальные нововведения касались расширения диапазонов перестройки частоты, обеспечения возможности изменения мощности сигнала в широких пределах, обеспечения возможности осуществления разнообразных режимов амплитудной или частотной модуляции и т. д.

Радиотехнически такие изменения делали приборы более сложными и (с чисто радиотехнической точки зрения) более совершенными. Но содействовали ли эти изменения главному- улучшению медицинских возможностей прибора?

Дело в том , что возможность использования многочисленных режимов воздействия целесообразна лишь в том случае, если имеется высокодифференцированный метод выбора режима, оптимального для конкретного больного (как известно, об оптимальнй частоте можно в большинстве случаев говорить применительно не к болезни - в организме могут единовременно иметь место разнообразные нарушения - а к пациенту). Пробовать использование многих режимов на больном недопустимо, так как больной при каждой такой пробе изменяется. Использование как средства диагностики сенсорных ощущений уже достаточно подвергалось критике, и вновь разбирать этот способ не стоит. Специальные диагностические установки, адекватные возможностям указанных перестраиваемых терапевтических установок, не создавались. Возможно это будет сделано в будущем. Пока же, на наш взгляд, чрезмерно большие возможности выбора режимов, не подкрепленные возможностью однозначного определения лучшего из них, содействуют использованию неоптимальных лечебных процедур.

Разработчики установок "Явь-1" пошли по качественно иному пути.

Дело в том, что,как показано в [3], в организме человека параметры действующих на него извне сигналов могут изменяться без перестройки генераторов внешних сигналов. Работа аппаратов "Явь-1" основана на том, что очень значительная часть клеток организма, оказывается при сеансе КВЧ-облучения под воздействием как раз тех когерентных сигналов, которые им необходимы для восстановления. Поэтому при правильном использовании этих аппаратов процент излечиваемости очень высок. Например, в работе [4] приводятся данные, проверенные на 7000 больных язвами желудка и двенадцатиперстной кишки , говорящие об излечиваемости более 90% пациентов. Аналогичные данные сообщают и другие медицинские учреждения, освоившие метод.

В каком направлении происходит дальнейшее развитие возможностей этих аппаратов?

В первую очередь, в направлении быстрого и эффективного излечения крайне и предельно тяжелых больных. Основа этого развития- дальнейшее совершенствование указанного выше принципа, положенного в основу работы аппаратов "Явь-1". Результаты этих работ будут описаны отдельно.

Литература.

1. Голант М.Б., Дедик Ю.В. и др., Аппарат для локального лечебного облучения электромагнитными волнами мм диапазона нетепловой интенсивности, "Электронная промышленность", 1985, N 1, с. 52.
2. Вопросы использования электромагнитных излучений малой мощности крайне высоких частот в медицине, под ред. академика Девяткова Н.Д., Ижевск, "Удмуртия", 1991, с. 211.
3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. , Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности, Москва, "Радио и связь", 1991, с. 168.
4. Пославский М.В., Физическая терапия крайне высокой частоты (КВЧ-терапия) в лечении и профилактике язвенной болезни (в настоящем сборнике).

The serial producted EHF therapeutic installations "Jaw-1" and their perspective modifications.

M. Golant, Ju. Dedik
RPA "Istok", 141120, Fryazino, Moscow Region, USSR.

The general advantages of EHF therapeutic installations operation principle are discussed. Some principal features of difference between the EHF therapeutic installation operation principles are briefly analysed.

АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС "ЭЛЕКТРОНИКА-КВЧ"

Л.Г.Гассанов, О.И.Писанко, Ю.Н.Муськин, В.И.Пясецкий
Научно-производственное объединение "Сатурн"
Киев, 252148, ГСП-180, пр. 50 лет Октября, 2-б

Реферат. Излагаются технические характеристики и конструктивные особенности, вопросы перспективных разработок и серийного выпуска НПО "Сатурн" аппаратов, приборов и устройств для КВЧ-терапии серии "Электроника-КВЧ". Разноплановость, высокая эффективность, надежность и удобство в работе делают аппараты "Электроника-КВЧ" верными помощниками врача в медико-биологических исследованиях и практической терапии.

Введение. За время прошедшее после первых сообщений о применении твердотельных источников КВЧ-излучения в биологии и медицине / I / специалистами НПО "Сатурн" создан ряд оригинальных устройств и приборов, составивших основу универсального терапевтического аппаратного комплекса "Электроника-КВЧ", структурная схема которого приведена на рис. I.

Общим для всех аппаратов, входящих в состав комплекса, и в тоже время отличающим их от других устройств для КВЧ-терапии, является работа в базовом диапазоне частот ЭМИ 58-63 ГГц. Выбор данного частотного диапазона в качестве рабочего для "Электроника-КВЧ" сделан на основании работ / 2-5 /, выполненных авторами за последние 7-8 лет.

Результаты и обсуждение. Первым разработанным и разрешенным Комитетом по новой медицинской технике МЗ СССР к промышленному выпуску стал аппарат микроволновой рефлексотерапии "Электроника-КВЧ-0I" / 6-9 /. Аппарат состоит из блока генераторного (БГ) и блока питания, регулирования и контроля (БПРК).

БГ является управляемым источником низкоинтенсивного КВЧ-излучения. Конструкция БГ и механизма перемещения, на котором он закреплен, обеспечивает пространственную ориентацию и фиксацию блока в требуемом направлении излучения по "нормали" относительно кожной поверхности тела пациента. На передней стенке БГ расположен фланец выхода волноводного тракта, к которому могут крепиться сменные антенны.

КОМПЛЕКС
ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ
ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ
НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ
КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ



КВЧ-01
КВЧ-101
КВЧ-102
КВЧ-103*
КВЧ-104*
КВЧ-Ш
КВЧ-БОС*

- ИНДИКАТОР КВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ
- КОМПЛЕКТ АППЕРТУРНЫХ АНТЕНН

* —АППАРАТУРА РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ

Рис.I. Структурная схема терапевтического аппаратного комплекса "Электроника-КВЧ"

Аппарат "Электроника-КВЧ-01" обеспечивает следующие технические характеристики:

Работа на фиксированной частоте ЭМИ в полосе	61 ± 2,1 ГГц
Уровень выходной мощности ЭМИ	5 ± 2 мВт
Диапазон ослабления $P_{вых}$	не менее 10 дБ
Диапазон установки времени процедуры	5 - 30 мин
Дискретность задания времени процедуры	5 мин
Режимы излучения:	непрерывный/импульсный НГ/ИГ
Число интервалов излучения в режиме ИГ	3
Число пауз (отсутствие излучения) в режиме ИГ	2
Питающая сеть	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	не более 15 Вт
Масса	не более 5,5 кг
в т.ч.: БГ	не более 0,8 кг
БПРК	не более 0,33 кг

Дальнейшей ступенью развития аппаратного комплекса была разработка аппарата "Электроника-КВЧ-01" / 10 /.

Аппарат традиционно состоит из БГ и блока питания, контроля и управления (БПКУ). Характерной чертой, отличающей его от предшественника, является расширение функциональных возможностей (9 режимов вместо 2-х ранее), а также значительное улучшение массо-габаритных и энергетических характеристик. Аппарат обеспечивает следующие технические характеристики:

Работа на фиксированной частоте ЭМИ в полосе	61 ± 2,1 ГГц
Уровень выходной мощности ЭМИ	5 ± 2 мВт
Режимы излучения:	непрерывный,импульсный НГ/ИГ
Частотная модуляция в режиме ИГ	5 / 45 Гц
Временная манипуляция в режимах НГ и ИГ	6 / 11 с
Время процедуры	15 ± 2 мин
Питающая сеть	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	не более 10 Вт
Масса	3,5 кг
в т.ч. БГ	не более 0,4 кг
БПКУ	не более 2,0 кг

В настоящее время находится в стадии завершения разработка аппарата "Электроника-КВЧ-IO2", экспериментальные образцы которого применяются в медико-биологических исследованиях и для ограниченной клинической апробации.

Характерной особенностью "Электроники-КВЧ-IO2" является уход от исполнения БГ в объемно-волноводном варианте и переход к источникам КВЧ-излучения, выполненным на базе излучающих гибридно-интегральных модулей (ИГИМ). Первый опыт применения ИГИМ в КВЧ-устройствах / IO / позволил значительно улучшить массо-габаритные показатели БГ и создать генератор ЭМИ с массой не более 0,05 кГ. Использование групповой технологии при производстве ИГИМ позволяет в I,5-2 раза снизить себестоимость изготовления БГ. Применение в аппарате "Электроника-КВЧ-IO2" базового БПКУ от "Электроники-КВЧ-IOI" дает возможность реализовать в практической медицине все девять режимов работы обоих аппаратов:

режим НГ на фиксированной частоте ЭМИ;
-"- ИГ с временной манипуляцией 6 с;
-"- НГ -"- -"- -"- II с;
режим ИГ - 5 Гц на фиксированной частоте ЭМИ с $Г_М$ = 5 Гц;
-"- ИГ - 5 Гц с временной манипуляцией 6 с;
-"- ИГ - 5 Гц -"- -"- -"- II с;
режим ИГ - 45 Гц на фиксированной частоте ЭМИ с $Г_М$ = 45 Гц;
-"- ИГ - 45 Гц с временной манипуляцией 6 с;
-"- ИГ- 45 Гц -"- -"- -"- II с.

Применение ИГИМ позволило по-новому подойти к проблеме модернизации аппарата "Электроника-КВЧ-04" / I2 /. Этот аппарат, как и его предшественник, обеспечивает проведение сеанса КВЧ-терапии одновременно на две рефлексогенные зоны или точки акупунктуры на частотах $f_1 \approx f_2$ или $f_1 \neq f_2$, где f_1 и f_2 - частоты КВЧ-излучения I и 2-го канала соответственно. Характерно, что каждый канал может работать автономно с реализацией всех основных режимов генерации, обеспечиваемых аппаратами "Электроника-КВЧ-IOI и - IO2", что обусловило возможность подключения к БПКУ аппарата "Электроника-КВЧ-IO4" БГ перечисленных приборов.

Модернизации подвергся и аппарат "Электроника-КВЧ-IO3" / I3 /. Применение ИГИМ позволило в 2-3 раза уменьшить массу и габариты БГ, сохранив и даже улучшив основные технические характеристики. Первые экспериментальные образцы аппарата "Электроника-КВЧ-IO3" планируется изготовить в I99I г. Электрическая перестройка на частоты ЭМИ

в полосе до 2 ГГц с шагом IO МГц при уровне выходной мощности не менее 3 мВт позволяет на практике реализовать возможность подбора индивидуальных терапевтических частот для определенного больного с конкретным заболеванием и в последующем проводить курс КВЧ-терапии на установленных частотах ЭМИ.

Отличительной особенностью аппаратов "Электроника-КВЧ-ОI, -IOI, -IO2 и -IO4" является их возможность работать и в качестве источника низкоинтенсивного некогерентного (шумового) КВЧ-излучения.

Принцип реализации такого режима генерации подробно описан в нашей заявке на изобретение, по которой получено положительное решение.

Применение шумового ЭМИ в КВЧ-терапии позволяет на практике осуществить одну из лечебных методик, базирующуюся на предположении, что каждый биообъект является частотно-избирательной системой и из всего шумового спектра воспринимает только индивидуальную терапевтическую частоту при данной патологии. При этом отпадает необходимость поиска этой частоты и практически исключается ошибка в ее определении.

Для расширения функциональных возможностей аппаратного комплекса "Электроника-КВЧ" в его составе имеется комплект сменных апертурных антенн, состоящий из рупорных и диэлектрических стержневых излучателей. Применяя антенны с различной апертурой можно максимально оптимизировать условия воздействия низкоинтенсивных КВЧ-излучений на рецепторные поля, рефлексогенные зоны или точки акупунктуры, отличающиеся между собой по площади воздействия от нескольких см^2 до единиц мм^2, и менее. Подробнее о сменных антеннах аппаратного комплекса "Электроника-КВЧ" можно прочитать в статье с аналогичным названием, помещенной в настоящем сборнике.

Для удобства при эксплуатации и осуществления оперативного контроля за работоспособностью во всех аппаратах "Электроника-КВЧ" применяются внутренние, встроенные в БПРК или БПКУ устройства индикации о наличии выходной мощности КВЧ-излучения, поступаемой к антенне БГ. Такие индикаторы-цифровые в "Электронике-КВЧ-ОI" и световые - в аппаратах серии "Электроника-КВЧ-IOI, -IO2 и др." позволяют быстро визуально оценить работу аппарата на излучение электромагнитной энергии подводимой к антенне. Для проверки работоспособности "Электроник-КВЧ" на КВЧ окружающее пространство, в состав аппаратного комплекса введены внешние индикаторы ЭМИ, прин-

цип действия которых и конструктивные особенности подробно описаны в статье "Внешние индикаторы КВЧ-излучения" настоящего сборника. Взяв такой индикатор и пометив его приемную антенну по оси излучателя БГ работающего аппарата "Электроника-КВЧ", на расстоянии 10-20 мм, по отклонению стрелки или миганию индикаторной лампочки прибора, судят о наличии КВЧ-излучения в пространство, т.е. в сторону зоны воздействия и делают соответствующий вывод о работоспособности аппарата "Электроника-КВЧ" в целом. Такие индикаторы ЭМИ не требуются для повседневной работы, а используются во время проведения плановых профилактических работ по поддержанию работоспособности аппаратов "Электроника-КВЧ".

Самостоятельной перспективной разработкой, входящей в состав аппаратного комплекса, является комплект приборов и устройств "Электроника-КВЧ-БОС", где за буквами БОС стоит термин - биологическая обратная связь.

О возможности включения организма человека (оператора) в замкнутый лечебно-диагностический цикл, когда коррекция психо-физиологического состояния (ПФС) осуществляется КВЧ-излучением сигнал для управления которым вырабатывается на основе оценки (диагностики) его ПФС были показаны в работе / 14 /.

Нами предложена система БОС, планируемая к реализации в аппаратном комплексе "Электроника-КВЧ", структурная схема которой приведена на рис. 2. Первая ступень БОС включает в себя оценку биофизических параметров (БФП) в зоне воздействия КВЧ-излучением на фиксированной терапевтической частоте ЭМИ создаваемого аппаратом "Электроника-КВЧ-103" и выработка на основе ее сигнала управления, который через блок частотной коррекции ЭМИ изменяет частоту КВЧ-излучения, подстраивая ее под индивидуальную терапевтическую частоту ЭМИ для данного пациента. Сбор информации для оценки БФП может осуществляться как непосредственно с зоны воздействия при КВЧ-терапии, так и с зоны адекватной ей, по используемой в практике электропунктурной диагностике / 15 /.

Вторая ступень БОС предполагает после сеанса КВЧ-терапии, проводимого на зону воздействия с патологическим органом, проводить оценку функциональной деятельности органа-"мишени" (ФДО) и на основе ее данных осуществлять коррекцию времени продолжительности процедуры при КВЧ-терапии.

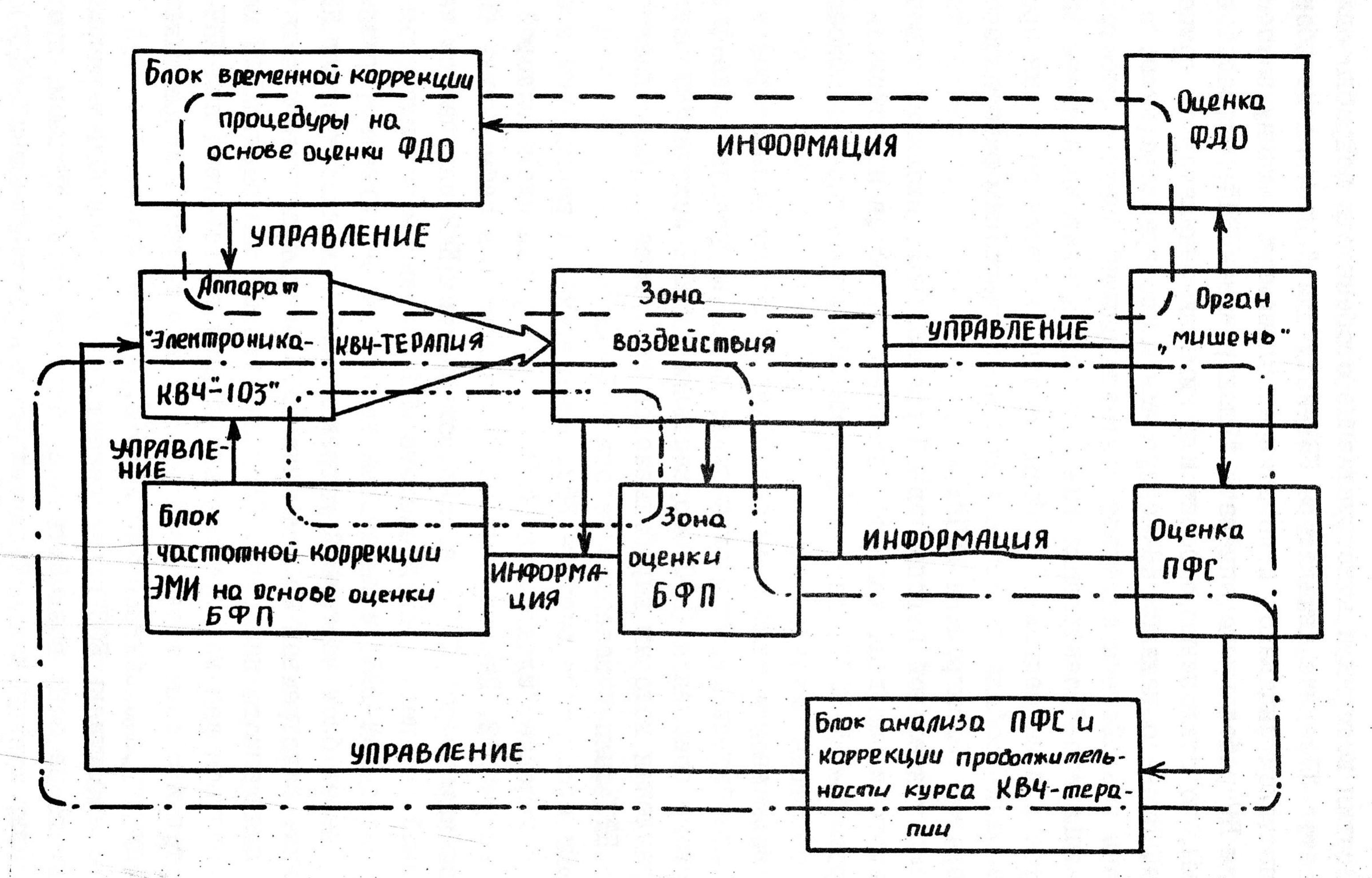


Рис.2. Структурная схема комплекта "Электроника-КВЧ-БОС"

Третья ступень ВОС объединяет информацию, полученную из зоны воздействия КВЧ-излучением, контрольной (оценочной) зоны и данное ФДО с органа-"мишени" и выработка на основе их интегрального показателя оценки продолжительности курса КВЧ-терапии и наиболее эффективного времени для его проведения.

Комплекс "Электроники-КВЧ-БОС" достаточно универсален и предполагает применение в качестве источников низкоинтенсивного КВЧ-излучения аппаратов разных модификаций. Так, заменив "Электронику-КВЧ-IO3" на "Электронику-КВЧ-Ш", мы можем обойтись без первой ступени БОС, тем самым исключив процедуру подбора индивидуальной терапевтической частоты, оставив только оптимизацию времени процедуры всего курса КВЧ-терапии.

Многоплановость, наличие сервисных приборов, надежность и удобство в работе, универсальность, обеспечивающая высокую эффективность лечения ряда заболеваний делают аппаратный комплекс "Электроника-КВЧ" незаменимым помощником врача в медико-биологических исследованиях и практической медицине.

Литература.

I. Писанко О.И., Добровинский В.Р., Ярин Н.В. и др. К вопросу разработки и исследования твердотельного источника КВЧ-колебаний в медико-биологических экспериментах. I-е Всесоюзное координационное совещание "Обмен опытом по использованию в медицине ЭМИ ММ-диапазона малой мощности" (Тезисы докл.) -М.: ИРЭ АН СССР, 1984. -С. 25.
2. Гассанов Л.Г., Писанко О.И., Пясецкий В.И. и др. Применение электромагнитного КВЧ-излучения низкой интенсивности для лечения неосложненной гастродуоденальной язвы. -Электронная промышленность, 1987, вып. I. -С. 30-3I.
3. Гассанов Л.Г., Пясецкий В.И., Писанко О.И. Роль экологического фактора во взаимодействии низкоинтенсивных электромагнитных полей крайне высокочастотного диапазона с организмом человека. - Вестник АН УССР, 1988, № I0. -С. 33-38.
4. Гассанов Л.Г., Писанко О.И., Пясецкий В.И. Экологические особенности взаимодействия низкоинтенсивных ЭМП КВЧ-диапазона и организма человека. - В кн.: Миллиметровые волны в медицине и биологии/ Под ред. акад. Девяткова.-М.: Изд. ИРЭ АН СССР, 1989. -С. 26-34.

5. Гассанов Л.Г., Писанко О.И., Пясецкий В.И., Муськин Ю.Н. Эколого-физические факторы как основа нового медицинского направления. - Электронная промышленность, 1991, вып. 3 -С. 64-66.

6. Писанко О.И., Назаренко Л.С., Добровинский В.Р. и др. Приборы для микроволновой диагностики в медико-биологических исследованиях и коррекции физиологических состояний организма при некоторых патологиях. - Электронная техника. Сер. I. Электроника-СВЧ, 1987, вып. I. -С. 53-55.

7. Балаба А.Н., Писанко О.И., Пясецкий В.И. и др. Аппараты для микроволновой рефлексодиагностики и терапии "Электроника-КВЧ". - Электронная промышленность, 1987, вып. I. -С. 30-31.

8. Свидетельство на промышленный образец № 21638 (приоритет от 11.05.86 г.) и № 23556 (Приоритет от 08.09.87 г.).

9. Гассанов Л.Г., Писанко О.И., Назаренко Л.С. и др. Аппараты "Электроника-КВЧ" для медико-биологических исследований и КВЧ-терапии. -В кн.: Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения / Под ред. акад. Н.Д.Девяткова. -М.: Изд. ИРЭ АН СССР, 1987. -С. 269-276.

10. Гассанов Л.Г., Писанко О.И., Пясецкий В.И. Аппараты "Электроника-КВЧ" и их применение в биологии и медицине. -Киев: Общество "Знание" УССР, 1990. - 26с.

11. Ясинский Е.В., Мендрул Н.Г., Писанко О.И. Прибор для рефлекторной КВЧ-терапии на базе ИГИМ. Актуальные вопросы создания и эксплуатации терапевтической и хирургической медицинской техники (Тезисы докл.). -М.: 1989. -С. 6-8.

12. А.с. № 1588416 (СССР(. Устройство для рефлекторной терапии / О.И.Писанко, В.И.Пясецкий, В.А.Юдин, Т.Г.Волкова (Приоритет от 20.04.87 г.).

13. Балаба А.Н., Писанко О.И., Мендрул Н.Г., Скляров А.П. Аппарат "Электроника-КВЧ-03". -Электронная промышленность, 1988, вып. 2. -С. 50-52.

14. Волченко В.Н. Коррекция состояния оператора с использованием миллиметрового излучения. Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине (Тезисы докл.) -М.: ИРЭ АН СССР. 1986. -С. 13.

15. Лупичев Н.Л. Электропунктурная диагностика, гомеотерапия и феномен дальнодействия. М.: СП "Альфа-Эко", 1990. - 137с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ

Звершховский И.В., Пойгина М.И.

НИИ "Орион"
252057, г. Киев-057

Перспективность метода КВЧ-терапии при лечении различных функциональных нарушений в организме, а также при устранении побочного воздействия других лечебных факторов обусловила создание специализированной медицинской аппаратуры, предназначенной как для практического здравоохранения, так и для проведения различных медико-биологических исследований.

В настоящее время в НИИ "Орион" разработаны и могут быть рекомендованы для применения в установках КВЧ-терапии:

- серия источников, обеспечивающих высокостабильное по частоте электромагнитное излучение на любых заданных фиксированных терапевтических частотах в диапазоне 25-300 ГГц при низких нетепловых (менее I0 мВт/см^2) значениях излучаемой мощности;
- источники излучения с плавной перестройкой частоты в области длин волн 7; 5; 2,7; I,5; 0,9 мм, где можно ожидать проявление большей чувствительности живого организма к воздействию энергии мм волн нетепловой интенсивности;
- источники шумового сигнала с уровнем спектральной плотности мощности шума I5-20 дБ от кТо в рабочей полосе 50-70 ГГц, в диапазоне сечения волновода I,6х3,8 мм.

На основе разработанной институтом твердотельной элементной базы мм диапазона освоен серийный выпуск на ряде предприятий страны приборов для КВЧ-терапии "Явь-I".

В соответствии с рекомендациями медиков по результатам клинической апробации установок КВЧ-терапии "Явь-I" в НИИ "Орион" разработаны конструктивные модификации установок.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРИБОР"ЯВЬ-I03"

Прибор надежен в эксплуатации, снабжен минимальным количеством органов управления, что облегчает его обслуживание персоналом средней квалификации.

По своим конструктивным и эксплуатационным характеристикам прибор"Явь-I03" может быть рекомендован для применения в амбулаторных условиях, больницах, турпоходах, геологических экспедициях, в передвижных установках, благодаря возможности исполнения как с питанием от сети переменного напряжения 220 В, так и от аккумуляторов с напряжением I2 В.

Прибор "Явь-I03" выпускается настроенным на любую заданную фиксированную частоту в диапазоне 38,5-I00 ГГц с удельной СВЧ-мощностью излучения, регулируемой ступенчато (с помощью сменных излучателей) до I0 мВт/см^2. В приборе обеспечивается девиация частоты 50-80 МГц. Частотная модуляция осуществляется частотой порядка 50 Гц. Конструктивно в приборе обеспечивается модуляция до частот 20 кГц, либо спектром частот (музыка, пение, комбинация частот).

Прибор "Явь-I03" может комплектоваться сменными излучателями для специальных применений (лечение парадантоза, точечные излучатели для воздействия на акупунктурные точки, для лечения ортопедических заболеваний, ИБС, онкологических заболеваний и др.).

ПРИБОР "АЛЕНУШКА"

В отличие от прибора "Явь-I" прибор "Аленушка" имеет два выносных КВЧ-облучателя, конструктивно отделенных от блока питания. Каждый облучатель работает на заданной терапевтической частоте в диапазоне 42-64 ГГц.

Конструкция облучателя является базовой и допускает выполнение его модификации на других частотах в диапазоне до 40 ГГц. Излучение возможно без модуляции и с модуляцией частотой 50 Гц, допускается изменение режима модуляции с любой частотой. Установка снабжена встроенными штативами, компактна, имеет контрольные индикаторы мощности и установки частоты.

Эффективность применения установок КВЧ-терапии может быть значительно повышена при обеспечении объективной обратной связи (реакция организма, ответного сигнала организма) на КВЧ-воздействие.

В этом направлении в НИИ "ОРИОН" совместно с медиками ведутся интенсивные работы.

Предлагаемый способ является "НОУ-ХАУ" и материалы направлены на патентование.

Выше представлены лишь некоторые из разработанных или разрабатываемых институтом различных модификаций приборов для КВЧ-терапии.

По желанию заказчика конструкция прибора может в кратчайшие сроки быть изменена и прибор может выпускаться в любых, согласованных с потребителем количествах.

Advanced irradiation
Sources for EHF-therapy

I.Zvershkhovsky, M.Poygina
Scientific Research Institute
"Orion"
252057, Kiev - 057

Abstract

A number of base constructions for EHF-therapy devices operating in frequency range from 25 to 300 gHz have been developed in Scientific Research Institute "Orion".

The devices differ in fixed frequencies construction, designe, dimensions, operating conditions etc.

At present at the institute the investigations are intended to obtain non-personal back response of the patient-organism under the influence of EHF-therapy.

The construction of an device and irradiator be modified according to customer requirement.

Production base at the institute makes it possible to ensure any customer requirements.

ИСТОЧНИК МОЩНОСТИ ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ

Макаренко В. Т., Тимчишин В. М., Цвирко Ю. А.

НИИ "Орион", 252057, Киев-57

Источник мощности миллиметрового диапазона длин волн для облучения больного может применяться в амбулаторных условиях, больницах, в турпоходах, геологических экспедициях, в передвижных установках благодаря возможности исполнения с питанием от сети переменного напряжения 220 В или от аккумуляторов напряжением 12 В.

Исследованиями установлено, что излучение малой мощности миллиметрового диапазона длин волн (КВЧ-излучение), воздействующее на соответствующие области (зоны) человеческого тела способствует устранению нарушений функционирования организма [1,2,3]. В медицинской практике в настоящее время применяется установка типа "Явь1" [4].

Для КВЧ-терапии создан источник мощности миллиметрового диапазона длин волн упрощенной конструкции. В источнике мощности используется генератор на диоде Ганна, работающий в бигармоническом режиме с отбором мощности на второй гармонике. Генератор стабилизируется с помощью высокодобротного инварового резонатора, обеспечивающего постоянство частоты во время эксплуатации.

Технология изготовления и конструкция генератора исключает процесс деградации параметров диода Ганна и электродинамической структуры, что не требует проведения контроля рабочей частоты в процессе эксплуатации. Режим отбора мощности на второй гармонике характеризуется высокой (>100000) внешней добротностью, исключающей необходимость применения ферритовых развязывающих элементов. Высокая стабильность частоты сигнала, ее независимость от физиологического состояния облучаемой поверхности и расстояния от облучателя до поверхности облучаемого объекта позволяет исключить органы контроля и регулировки

частоты, что дает возможность сосредоточить внимание обслуживающего персонала на проведении процедур.

Генератор работает на заданной фиксированной частоте в диапазоне 38.5 - 60.0 ГГц, обеспечивая удельную СВЧ мощность 10 мВт/ кв. см в раскрыве излучателя,выполненного в виде оптимального конического рупора. Полученные результаты могут быть реализованы на частотах до 100 ГГц.

Стабильность частоты при длительной эксплуатации не хуже - 10 МГц. В генераторе предусмотрен режим работы с частотной модуляцией. Девиация частоты составляет не менее 50 МГц и не более 80 МГц. Частотная модуляция осуществляется частотой порядка 50 Гц, но конструктивно возможна модуляция от внешнего источника до частот 20 кГц,либо спектром частот(музыка,пение и так далее).

Удельная мощность излучения регулируется сменными излучателями и может быть установлена 10 или 5 мВт/кв. см. При заказе на изготовление может быть установлено любое другое значение ,но не более 10 мВт/кв. см. Генератор [5] построен по схеме с полосноотражающим резонатором, связанным с коаксиальной линией, на одном конце которой установлена антипаразитная нагрузка, а на другом диод Ганна. Перпендикулярно оси коаксиальной линии в области диода Ганна выполнен волновод второй гармоники. Настройка генератора на заданную выходную мощность осуществляется короткозамыкающим поршнем. В генераторе применена параметрическая стабилизация частоты генератора высокодобротным резонатором, работающим на виде колебаний Н 011 на частоте ,близкой к пролетной частоте диода Ганна. Внутренний проводник коаксиальной линии выполнен в виде фильтра, обеспечивающий отражение второй гармоники 2 fo тока диода Ганна и пропускание первой fo. Фильтр имеет в полосе пропускание на частоте fo модуль коэффициента отражения не более 0,1 , а на частоте 2fo - не менее 0, 99.

Согласование низкого импеданса диода Ганна с высокоомным волноводом обеспечивается отрезком коаксиальной линии длиной около четверти длины волны второй гармоники совместно с элементами корпуса диода Ганна. Для обеспечения устойчивой работы генератора частоты перегиба характеристики фильтра выбирается на 5 - 7 ГГц выше частоты первой гармоники.

Источник мощности не имеет органов регулировки и готов к использованию непосредственно после включения в сеть.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девятков Н. Д., Бецкий О. В., Голант М. Б. Научное обоснование возможности использования электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности в медицине и биологии. Биологические эффекты электромагнитных полей, вопросы их использования и нормирования. Изд. Научного центра биологических исследований. Институт биофизики АН СССР., Пущино, 1986 г.
2. Девятков Н. Д., Гальвич Э. А., Голант М. Б. и др. Радиофизические аспекты использования в медицине энергетических и информационных воздействий электромагнитных колебаний - Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1981 г. вып. 9, стр. 43-50.
3. Кузнецов К. Н., Колесникова С. З. и др. Состояние и перспектива развития медицинских автоматизированных систем. Обзоры по электронной технике. Сер. 1. Электроника СВЧ, вып 16, 1989 г.
4. Дедик Ю. В. Установка для КВЧ-терапии "Явь - 1" Электронная промышленность, N: 2, 1988 г.
5. Макаренко В. Т., Тимчишин В. М. Авторское свидетельство N: 1403962 от 25.07.86г. ДСП.

EHF THERAPY SOURSE.

Makarenko V.T.,Timchishin V.M.,Tsvirko Y.A.

SRI 'Orion', 252057 ,Kiev-57, USSR

Millimeter wave frequency source for extremaly high frequency (EHF) therapy has been presented.

Gunn diode oscillator with a fixed operating frequency at the range of 38.5 to 60.0 GHz has the specific output power 10 mW/(sm*sm) in aperture of optimum cone-shaped radiator at the second harmonic mode. Received results may be obtained at the frequency to the 100 GHz.

High stability and frequency independance from physiological state of radiating surface and distance to the surface allow to exclude the frequency control that gives possibility to concentrate the attention of serving-staff at the carring-out of the procedures.

Perfomance of millimeter wave frequency sourse for the radiation of patient may be fed from the power supply 220-240 VAC or 12 VDC (accumulator) and may be used in the hospital conditions and also in mobile sets during of the tourist's marches and expeditions.

"БРИЗ" - АППАРАТУРА ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ

Дмитриев А. С. , Панас А. И. , Старков С. О.
Институт радиотехники и элетроники АН СССР
103907, Москва ГСП-3, пр. Маркса 18.

Реферат. В ряду разработанной и выпускаемой промышленностью КВЧ-аппаратуры особое место занимает устройство "БРИЗ". При его разработке учтены пожелания медицинских работников, занимающихся КВЧ-терапией, что нашло свое отражение в конструктивных и технических особенностях и появлении дополнительных, по отношению к предшествующим аппаратам, функций. Основные параметры излучаемого устройством электромагнитного сигнала:

- центральная частота, МГц	42195 (+ 10)
- девиация частоты, МГц	150
- уровень выходного сигнала, мвт	не менее 20
- неравномерность выходного сигнала в полосе перестраеваемых частот, дб	не более 3
- рабочее питание, в	220

Устройство состоит из двух блоков: блока КВЧ и блока управления. Функция блока КВЧ заключается в генерации и излучении миллиметровых электромагнитных волн. Назначение блока управления - обеспечить условия, необходимые для генерации сигналов с заданными выходными характеристиками и постоянного аудио-визуального контроля функционирования устройства. В его состав входят: модулятор, система АПЧ, таймер, устройство контроля КВЧ-блока и вторичный источник питания. Перечисленные элементы обеспечивают устройству ряд сервисных функций, отсутствующих в разработанной ранее аппаратуре.

Одним из основных достоинств устройства является постоянное самотестирование в процессе сеанса облучения. При включении аппарата в сеть питания производится автоматический поиск и установка параметров излучаемого сигнала (центральная частота, выходная мощность) в заданных пределах. Для исключения влияния внешних факторов такая процедура осуществляется на протяжении всей работы устройства.

Благодаря реализации аппаратуры в виде двух отдельных блоков (стационарного-блока управления и выносного-блока КВЧ) возможно комп-

лектование набором сменных блоков КВЧ на различные частотные диапазоны.

Введение. Более 20 лет ведутся работы по изучению воздействия миллтметрового излучения низкой (нетепловой) интенсивности на биологические объекты. За эти годы выполнен большой цикл оригинальных исследований как в СССР [1], так и за рубежом [2,3]. По направленности исследований указанный временной интервал можно разбить на три этапа. На первом из них была обнаружена нетривиальная реакция живых организмов на низкоинтенсивное воздействие электромагнитными волнами КВЧ-диапазона. Второй этап был посвящен поиску параметров сигналов (частотный диапазон, вид модуляции, уровень выходной мощности), облучение которыми не только не имеет негативного влияния на живые организмы, но и оказывает лечебное (терапевтическое) воздействие. Наконец, на третьем этапе в фокусе внимания исследователей оказались вопросы проверки основных эффектов на основе клинических испытаний.

На первых двух этапах в качестве источников излучения использовались генераторы КВЧ-диапазона (например на основе лампы обратной волны), основными требованиями к которым являлись возможность широкодиапазонной перестройки частоты выходного сигнала, а также возможность регулировки его уровня мощности. Такие генераторы как правило имеют большие габариты и не всегда удовлетворяют требованиям электробезопасности для использования в условиях клиники. Появление положительных результатов исследований на третьем этапе и последующая успешная аппробация методов КВЧ-терапии по целому ряду заболеваний способствовала широкому распространению их в клинической практике. Потребовалась специальная аппаратура с заданными (апробированными и разрешенными Минздравом СССР) параметрами.

В настоящее время к числу серийных аппаратолв для КВЧ-терапии относится "ЯВЬ"[4]и "ЭЛЕКТРОНИКА-КВЧ"[5]. Накопленный опыт эксплуатации этих аппаратов в клинической практике свидетельствует о необходимости их совершенствования. При этом на передний план выдвигаются вопросы надежности работы аппаратуры, удобства и простота при эксплуатации. В контексте решения указанных проблем в данной работе рассматривается аппаратура "БРИЗ", по-существу являющаяся развитием [4].

Результаты и осуждение. Аппаратура "БРИЗ" состоит из двух блоков: блока КВЧ и блока управления. Функция блока КВЧ заключается в гене-

рации и излучении электромагнитных волн миллиметрового диапазона. В состав блока входят только высокочастотные элементы в волноводной исполнении - генератор миллиметрового диапазона, вентиль, рупорная антенна, фильтр, детектор и элементы связи. Такое техническое решение позволяет уменьшить массагабаритные характеристики блока, что, в свою очередь, облегчает возможность его перемещения и ориентации в пространстве при эксплуатации. Эталоном частоты является центральная частота высокодобротного фильтра. Вместе с детектором он используется как элемент обратной связи генератора. В качестве активного элемента генератора выбран диод Гана. Как диод Гана, так и лавино-пролетный диод [4-5] являются приборами с сильно выраженной температурной зависимостью. Поэтому во избежание изменения режимов генерации в процессе работы в аппаратуре "БРИЗ" применена температурная стабилизация (блок КВЧ).

Назначение блока управления - обеспечение условий, необходимых для генерации сигналов с заданными выходными характеристиками, и постоянный аудио-визуальный контроль функционирования устройства. В отличие от блока КВЧ блок управления является стационарным и содержит элементы низкочастотной электроники. В его состав входят: модулятор, система АПЧ, таймер, устройство контроля КВЧ-блока и вторичный источник питания. Перечисленные элементы обеспечивают устройству ряд сервисных функций, отсутствующих в разработанной ранее аппаратуре. К их числу следует отнести автоматический контроль и подстройку уровня выходной мощности и центральной частоты генератора, сопровождаемые световой и звуковой индикацией. Наличие таймера обеспечивает работу устройства по заданной временной программе и ее запоминание. В блоке управления предусмотрен также режим временного прерывания генерации и, соответственно, излучения сигнала в случае необходимости. Однако главным достоинством аппаратуры является постоянное самотестирование в процессе сеанса облучения. При включении его в сеть питания производится поиск и установка параметров излучаемого сигнала (центральная частота, выходная мощность) в заданных пределах, о чем свидетельствует световая индикация на передней панели блока управления. Для исключения влияния внешних факторов такая процедура осуществляется на протяжении всей работы устройства. Если электронные схемы управления и контроля оказываются не в состоянии обеспечить необходимые параметры сигнала происходит автоматическое выклю-

чение режима генерации, сопровождаемое звуковой и световой индикацией. Таким образом, функции по обслуживанию аппаратуры существенно упрощаются - требуется лишь установить блок КВЧ в непосредственной близости от облучаемого участка тела пациента и на передней панели блока управления задать длительность сеанса облучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине (тезисы докладов). ИРЭ АН СССР, Москва, 1989.
2. Coherent Excitations in Biological Systems (Ed. H.Frolich and F.Krener), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 1983.
3. International Symposium on "Techniques in Studies of Biological Effects of Low Level Millimeter Waves", Herrshing, Sept. 4-6, 1983.
4. Голант М.Б., Дедик Ю.В., Кругляков Н.А. и др. Аппарат для локального лечебного облучения электромагнитными волнами миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности. Электронная промышленность, 1985, вып. 1, с.52.
5. Балаба А.Н., Голант М.Б., Назаренко Л.С. и др. Приборы для рефлексодиагностики и терапии "Электроника КВЧ". Электронная промышленность, 1987, вып.1, с. 30-31.

"BREEZE" - APPARATUS FOR EHF-THERAPY

Dmitriev A.S., Panas A.I., Starkov S.O.
Institute of Radioengeneering and Electronics of Acad.Sci.USSR
103907, Moscow GSP-3, Marx av. 18

"BREEZE" occupies a special place among the EHF equipment developed and commercially available. Its design takes into account the suggestions of medics engaged in EHF - therapy and implements new, as compared to previous models, functions. The output radiated signal features:

- a central freqwency of 42195 MHz (+ 10 MHz);
- a freqwency deviation of 150 MHz;
- an output signal level of at least 20 mW;
- an irregularity of the output signal level in the tuning freqwency band not over 3db;
- 220V mains supply.

The device comprises two units - an EHF unit and a control unit. The function of the EHF unit is to provide millimeter electromagnetic waves. The function of the control unit is to provide conditions necessary to generate signals with the specified output parameters and also to provide constant audio-visual indication of the device operation. The control unit comprises a modulator, an AFC system, a timer, devices monitoring the EHF unit, and a secondary power supply and provides a number of servo functions not present in previous equipment.

The main feature of the device is its constant self-testing during a radiation session. On power-up, the radiated signal parameters (central freqwency, output power) are retrieved and set within the limits specified. To exclude the effects of ambient conditions this procedure is run all the time the device is in actual service.

Due to designing the device with a stationary and portable units, it can be equipped with a set of EHF units covering different freqwency band.

АППАРАТ ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ "Шлем-1"

Е. А. Мясин, В. Д. Котов, ИРЭ АН СССР,
141120, Фрязино, Московской обл. пл. Введенского 1.

Реферат. Рассмотрены особенности конструкции опытного образца аппарата для КВЧ-терапии "Шлем-1", разработанного в ИРЭ АН СССР, и изготовленного там же в виде малой серии по заказу ВНК "КВЧ", с учетом опыта лечения язвенной болезни с помощью первого аппарата этого типа/1/. Приведены технические характеристики и внешний вид устройства "Шлем-1". Обсуждены его достоинства и намечены пути дальнейшего усовершенствования. Приводятся некоторые результаты применения аппарата для медико-биологических исследований и лечения.

Введение. В течение 1990 года в больнице N 6 г. Москвы было проведено безмедикаментозное лечение 35 больных язвенной болезнью желудка (8) и двенадцатиперстной кишки(27) с помощью экспериментального устройства КВЧ-терапии "Шлем-1", в котором в качестве генератора КВЧ излучения использовался генератор с недетерминированным сигналом /2/ .

Основываясь на результатах этой работы, по заказу ВНК"КВЧ" в ИРЭ АН СССР был разработан опытный образец новой модификации устройства "Шлем-1", пригодный для промышленного производства ,и в лабораторных условиях изготовлена малая серия таких аппаратов. В настоящее время устройства КВЧ-терапии "Шлем-1" этой серии используются как в медико-биологических исследованиях, так и в медицинских учреждениях для лечения больных язвенной болезнью.

Конструктивные особенности аппарата "Шлем-1". Внешний вид всего аппарата "Шлем-1" приведен на рис. 1. Как видно из рис. 1, он состоит из трех основных устройств : СВЧ-блока(1); блока управления(2); штатива(3). Таким образом, принцип построения аппарата "Шлем-1", заложенный в конструкции первого аппарата/2/, не изменился. Как и прежде, СВЧ-блок и блок управления выполнены в виде отдельных устройств, что позволяет размещать их практически независимо друг от друга. Это, по нашему мнению, является одним из достоинств аппарата "Шлем-1". С одной стороны, при этом существенным образом уменьшает-

ся вес излучателя, который крепится на штативе и находится в непосредственном контакте с пациентом, а с другой стороны, обеспечивается дополнительная электробезопасность пациента, так как есть возможность удалить от него на достаточное расстояние блок управления, содержащий высоковольтный (сетевой) трансформатор. Кроме того, такое построение устройства КВЧ-терапии удобно и при проведении контроля эффективности лечения с помощью плацебо.

По сравнению с первым экспериментальным устройством "Шлем-1" существенной доработке подвергся СВЧ-блок, в результате чего удалось значительно уменьшить его габариты и вес, улучшить дизайн корпуса и предложить для его крепления универсальный изящный штатив. В первой опытной партии устройств блок управления не претерпел принципиальных изменений, но габариты его были значительно уменьшены. СВЧ-блок(1) состоит из тех же узлов, что и его предшественник, использованный в работе/2/, а именно, СВЧ-генератора, полосового фильтра, ферритового вентиля, излучающей антенны, включенных в той же последовательности. Корпус (1) СВЧ-блока (см. рис. 1) выполнен в виде фигуры вращения и закрыт со стороны антенны диэлектрической съемной крышкой (5). На другом конце корпуса укреплен разъем -розетка (4) для подведения низковольтного напряжения питания к генератору, а также имеются два отверстия с резьбой для крепления СВЧ-блока к штативу. СВЧ-блок имеет естественное охлаждение за счет теплообмена между корпусом и окружающей средой. В связи с этим СВЧ-генератор на лавино-пролетном диоде (ЛПД) имеет надежный тепловой контакт с торцевой широкой стенкой корпуса, противоположной торцу, закрытому диэлектрической крышкой. В виду того, что корпус излучателя имеет не очень развитую поверхность, тепловое равновесие между ним и окружающей средой устанавливается при температуре корпуса +40 С. Это значение температуры устанавливается приблизительно через 10 мин после начала работы и сохраняется затем в течении всего времени работы прибора, если начальная температуры воздуха в помещении составляет +18-25 С. Возможность такой компоновки СВЧ-блока обеспечило использование соответствующей элементной базы.

При разработке первого экспериментального макета устройства "Шлем-1"/1/ была использована имеющаяся в нашем распоряжении эле-

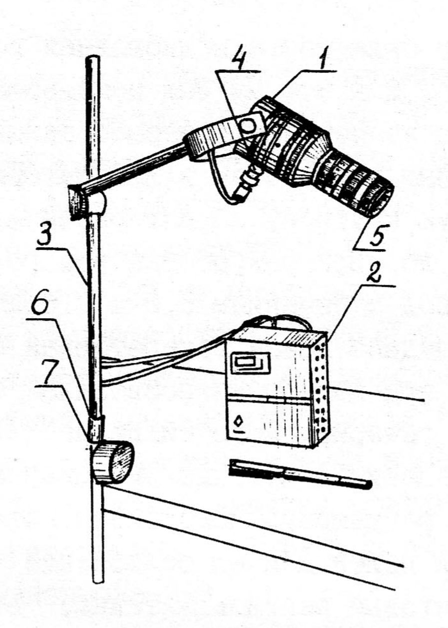


Рис.I. Внешний вид аппарата "Шлем-I"

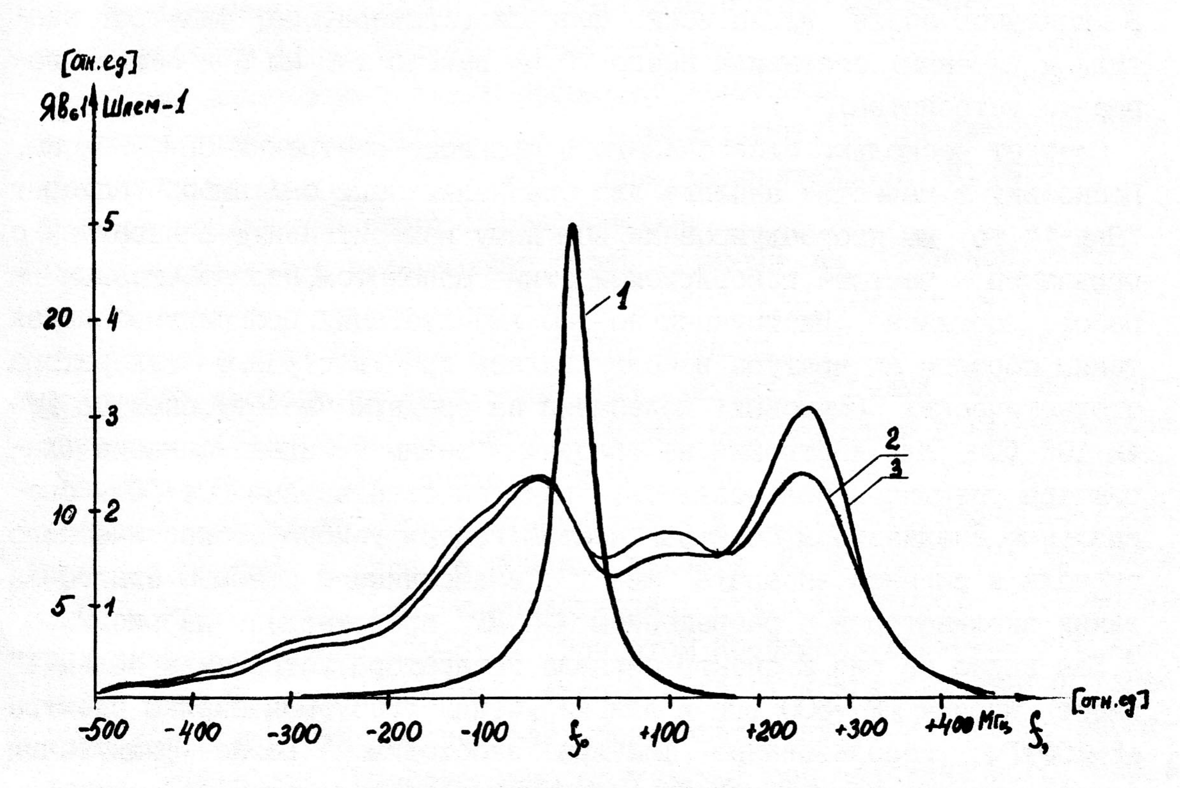


Рис.2. Спектральные характеристики генераторов аппарата "Явь-I" (кривая I) и аппарата "Шлем-I" для разных токов (кривая 2 - I =II0 мА, кривая 3 - I =II5 мА)

ментная база. За основу была взята волноводная генераторная камера с сечением волновода 7,2 x 3,4 мм. Был использован стандартный заводской вентиль, такого же сечения , разработанный еще в 70-е годы. Полосовой фильтр был разработан в лаборатории. Обеспечивая требуемую полосу и хорошую крутизну характеристики он, тем не менее, имел ослабление -3 дб. При разработке нового варианта СВЧ-блока был использован волновод с сечением 5,2 x 2,6 мм. В связи с этим была разработана и создана новая генераторная камера на волноводе этого сечения, которая при настройке позволяла обеспечить практически те же параметры генерируемого сигнала. Был использован более простой в изготовлении полуволновый однорезонаторный фильтр с подстройкой с помощью регулировочного винта, который оказался вполне пригодным для наших целей и имел ослабление -1 дб. Был специально изготовлен и ферритовый вентиль. Антенна, выполненная в виде прямоугольного рупора с входным сечением 5,2 x 2,6 мм, крепилась непосредственно к вентилю и имела выходное сечение площадью 2 $см^2$. В конечном счете длина всей цепочки (генератора, фильтра, вентиля и антенны) составила всего 70 мм вместо 190 мм (в первом варианте устройства).

Следует несколько слов сказать о процессе настройки СВЧ -блока. Поскольку в качестве аналога для сравнения нами был выбран аппарат "Явь-1", то мы проградуировали всю нашу измерительную аппаратуру с привязкой к частоте, генерируемой этим аппаратом, подготовленным к работе согласно Инструкции по его эксплуатации. Проградуированная таким образом аппаратура использовалась при настройке генератора стохастических (шумовых) колебаний на среднюю частоту спектра f = 42,195 ГГц. Для настройки на требуемый режим и идентификации характера спектра использовались, наряду со стандартным (С4-60), специальные анализаторы спектра. Спектры генерируемого стохастического сигнала и сигнала аппарата "Явь-1", записанные с помощью одного из таких анализаторов с разрешением ~10 МГц, представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, спектр сигнала генератора устройства "Шлем-1" имеет ширину ΔF ~600 МГц и для получения требуемой ширины спектра ΔF=200МГц, использование фильтра необходимо. После фильтрации спектр на выходе устройства практически не отличался от приведен-

ного в /2/

Основные характеристики излучателя ,за исключением веса и габаритов, остались такими же,что и в работе /2/, но при этом мощность КВЧ-сигнала на входе антенны стала больше 10 мВт.

Блок управления(2) выполнен в металлическом корпусе,представляющим собой прямоугольный параллелепипед со сторонами 10 x 11 x 5 см Корпус заземлен через один из проводников сетевого шнура , выведенного на дополнительный контакт сетевой розетки. На передней панели размещены : сетевой кнопочный выключатель(красного цвета),светодиод,сигнализирующий о подаче напряжения питания на генератор. На одной боковой стенке расположена клемма заземления и выведены два провода : сетевой с вилкой,имеющей контакт заземления, и провод подачи питания на генератор. Блок управления обеспечивает :

1. Выходной стабилизированный ток--------------------I=80-130 мА
2. Коэффициент стабилизации при изменении сетевого напряжения на 50 в не менее-------------------------------------K= 100.
3. Коэффициент пульсаций тока нагрузки при коэффициенте входных пульсаций 1% не более-----------------------------k= 0,01%.
4. Схема выдерживает кратковременное замыкание на нагрузке.

Источник питания допускает непрерывную работу в течение 8 часов и температурах от -20°С до + 40°С. при относительной влажности до 95% при соблюдении своих характеристик.

5. Трансформатор выдерживает перенапряжение на первичной обмотке---U= 1,5 кВ.
6. Потребляемая от сети(220В,50Гц) мощность ---------W= 5Вт.

Штатив(3) состоит из двух штанг,выполненных из полых труб из нержавеющей стали,одна из которых может перемещаться в вертикальной плоскости,вокруг оси ,проходящей через ее основание от 0°до 180°,а вторая - как вдоль первой штанги,так и в плоскости,перпендикулярной ей. Первая штанга с помощью захвата (6) и винта (7) крепится либо к краю стола, либо к кровати пациента,а на второй с помощью двух винтов крепится СВЧ-блок. При этом креплении возможно его вращение вокруг оси,проходящей через оси обоих крепежных винтов. Такое устройство штатива обеспечивает беспрепятственное и удобное размещение СВЧ-блока относительно облучаемых зон человеческого тела,в

каком бы положении оно не находилось.

Дальнейшая перспектива. В настоящее время ведется работа по дальнейшему совершенствованию аппарата "Шлем-1". Это делается по двум направлениям : 1) расширение функциональных возможностей и 2) увеличение числа сервисных функций.

По-первому направлению - это создание излучателей на волну 5,6 мм и 4,9 мм ,а также использование импульсного режима работы устройства. По-второму направлению - разработка и создание блока управления с автоматическим заданием времени процедуры и сигнализацией об ее окончании. Именно этот блок управления демонстрируется в составе аппарата "Шлем-1" на этой конференции.

Кроме этого, изменено крепление СВЧ-блока на штативе, что позволяет использовать его как со штативом, так и без него. Это новшество дает возможность пациенту изменять положение тела в течение длительной процедуры (30мин), не изменяя взаимного расположения излучателя и облучаемой части тела.

Выводы. Таким образом, разработан и создан новый аппарат КВЧ-терапии "Шлем-1", отвечающий требованиям, предъявляемым к медицинской аппаратуре, и готовый к промышленному освоению. В заключение отметим, что в настоящее время переданные ВНК"КВЧ" аппараты "Шлем-1" с успехом используются для медико-биологических исследований в Институте Высшей Нервной Деятельности АН СССР и МГУ, а для лечения больных язвенной болезнью - во Всесоюзном Научном Центре Хирургии.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Е. А. Мясин, В. Д. Котов, Ю. В. Андреев. Генератор с недетерминированным сигналом миллиметрового диапазона для медико-биологических исследований. VII Всесоюзный семинар. Применение КВЧ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине. Тезисы докладов. Москва. 1989г., стр. 134.

2. Е. А. Мясин, В. Д. Котов, Ю. В. Андреев, М. В. Пославский. Опыт лечения больных язвенной болезнью посредством воздействия узкополосным недетерминированным излучением миллиметрового диапазона волн нетепловой интенсивности. Труды международного симпозиума " Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине". Москва. 1991г.

Apparatus for EHF-therapy "Shlem-1"

Ye. A. Myasin, V. D. Kotov
Institute of RadioEngineering and Electronics
Academy of Sciences, USSR
141120, Vvedenskogo pl., 1, Fryazino, Moscow reg.

Abstract.

Are considered in the report the construction peculiarities of an experimental sample of the device "Shlem-1", destined to EHF-therapy, conceived and created at the IRE of the Academy of Sciences of the USSR as a small series commanded by the "EHF" TSC with taking into account the experience acquired while treating the ulcer disease with the first device of this type. The "Shlem-1" device's technical characteristics and design are shown. Its advantages are discussed and the ways of its further improvement are headlined. Some results of the device using for medicobiological investigations and treatment are cited.

АППАРАТ ДВУХЧАСТОТНЫЙ КВЧ-ТЕРАПИИ "БАЮР-01"

Ю.И.Орехов, Л.П.Хохрин, Л.И.Матусис, Т.Н.Смирнова, А.Ю.Панков, А.А.Назаров, А.Б.Гаврин, В.И.Миляев, Б.А.Силенко, А.В.Шакалин, С.Н.Киселев

Реферат. В докладе описан аппарат КВЧ-терапии "БАЮР-01", построенный по оригинальной схеме на основе лавинно-пролетных диодов. Являясь функциональным аналогом серийной установки "Явь-1", аппарат значительно превосходит ее по ресурсу и удобству работы с ним. "БАЮР-01" - базовый прибор, на основе которого возможно создание модификаций, перекрывающих любой участок КВЧ-диапазона с заданными характеристиками сигнала (стабильность, девиация частоты, чистота спектра и т.п.).

Терапевтический двухчастотный аппарат "Баюр-01" предназначен для локального облучения КВЧ сигналом нетепловой интенсивности рефлексогенных зон и биологических активных точек. Аппарат является функциональным аналогом серийно выпускаемой установки "Явь-1" и рекомендован к разработке комиссией МЗ СССР.

Аппарат "Баюр-01" как радиотехническое устройство представляет собой специализированный генератор непрерывной КВЧ мощности, имеющий высокую точность и стабильность рабочих электрических параметров.

Аппарат "Баюр-01" может работать как в автономном режиме с ручным управлением, так и в связке с ЭВМ типа IBM PC/AT или "Квант-8", при этом с одной ЭВМ могут быть одновременно задействованы по 7 штук аппаратов в различных режимах облучения пациентов. Переход из ручного режима управления в автоматизированный или наоборот не требует дополнительных переключений или настроек.

Аппарат "Баюр-01" состоит из основного блока и двух выносных облучающих головок, позволяющих облучать любую часть тела.

Основной блок включает в себя:

- импульсный источник питания;
- два канала СМ диапазона, состоящих из маломощных управляемых задающих генераторов, усилителей мощности и цепи

встроенного контроля частоты;

- низкочастотные схемы управления и коммутации;
- таймер;
- схема контроля основных рабочих параметров;
- устройство сопряжения с ЭВМ.

К основному блоку облучающие головки подсоединяются с помощью гибких кабелей, имеющих по высокой частоте двойную экранировку.

Аппарат имеет следующие основные характеристики:

1. В режиме фиксированных частот аппарат обеспечивает генерацию на частотах $F1$ =(42 196 ± 14) МГц и $F2$ = (53 534± 32) МГц.

2. В режиме девиации частоты полоса частотной перестройки составляет (160...200) МГц в диапазоне частот $F1$ ± 100 МГц и (70...100) МГц в диапазоне $F2$ ± 50 МГц.

3. Плотность потока мощности КВЧ излучения в пределах сечения раскрыва облучателя не менее 10 мВт/см^2 и не более 20 мВт/см^2.

4. Время установки сеанса облучения по таймеру (1...99) мин.

5. Время готовности аппарата после подачи напряжения сети не более 1 мин.

6. Потребляемая мощность от сети напряжением 220 В ± 10 % и частотой (45...56 Гц) - не более 90 Вт.

7. Масса основного блока не более 7 кг, выносной облучающей головки не более 0,3 кг.

Аппарат "Баюр-01" имеет более высокий сервис по сравнению с устройством "Явь-1". В процессе эксплуатации аппарат не требует от обслуживающего персонала дополнительных настроек или регулировок, прост в обращении. По окончании сеанса облучения выключение КВЧ мощности осуществляется автоматически. Работу аппарата можно так же прервать в любой момент при помощи кнопки сброса или по команде с ЭВМ.

Аппарат "Баюр-01" оборудован световой индикацией режимов работы и имеет два вида автоматической звуковой сигнализации, один из которых используется при окончании или прерывании сеанса облучения, другой - при аварийной остановке. Световую

индикацию имеют и выносные облучающие головки, которая включается только при наличии КВЧ мощности.

Аварийное отключение аппарата осуществляется системой встроенного контроля (СВК) как основных рабочих параметров (частоты генерации, уровня выходной КВЧ мощности), так и части режимов функционирования внутренних блоков. Наличие СВК практически исключает возможность возникновения неустановленного КВЧ излучения и его вредного воздействия на организм пациента, либо работы аппарата на "холостом ходу".

Аппарат "Баюр-01" полностью соответствует требованиям Министерства Здравоохранения СССР, предъявляемым к данному классу терапевтических аппаратов.

Аппарат "Баюр-01" имеет современный дизайн и приятную цветовую окраску. В конструкции аппарата используются узлы и детали, изготовленные из комбинации различных не токсичных пластмасс и легких металлов.

Начиная с конца 1990 года аппараты "Баюр-01" проходят широкую апробацию в различных клинических и научно-исследовательских медицинских учреждениях города Нижнего Новгорода. Серийный выпуск аппаратов планируется с 1992 года.

Abctract

Jhis repout gives a description of the EHF therapeutic device "Bayur-01" having an original circuit on the base of IMPATT diodes. Jhis devise's service life and ease of handling compare favourably with those of commercial set "Yav'-1" of while "Bayur-01" is a functional analogue. "Bayur-01" is a base divice for modifications working in and EHF-range section with. specified signal characteristics (stabiliti.freguency deviation.spectrum clearance etc.).

Алфавитный указатель авторов

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ЧАСТЬ 3. МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ. КВЧ-ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

Р а з д е л Ш

Раздел IУ

PART 3. MECHANISMS OF MILLIMETER WAVES INTERACTION WITH BIOLOGICAL OBJECTS. EHF THERAPY DEVICES

Section III

Section IV

Сборник докладов международного симпозиума печатается по оригиналам авторов

МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

В МЕДИЦИНЕ

Часть3. МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЬЕКТАМИ. КВЧ-ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

Ответственный за выпуск к.б.н. С.А.Ильина

Технический редактор М.А.Гайдук

Подписано в печать I2.09.I99I г.
Формат 60x84/8. Объем 37,34 усл.п.л. Тираж I000 экз.
Ротапринт ИРЭ АН СССР. Зак.206. Цена 4 р.